

JULIO CÉSAR RODRÍGUEZ TELLO

EFICIÊNCIA E CUSTOS  
DE DIFERENTES FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRA EM UMA  
FLORESTA NATIVA DE *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE NO  
SUL DO BRASIL

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial na obtenção do Título de "Mestre em Ciências - M.Sc.", no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1980



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

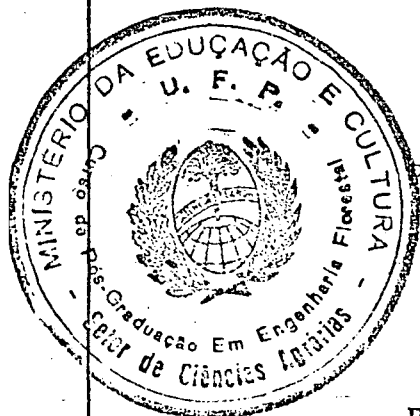
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

## P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato JULIO CÉSAR RODRÍGUEZ TELLO, sob o título "EFICIÊNCIA E CUSTOS DE DIFERENTES FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRA EM FLORESTA NATIVA DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze NO SUL DO BRASIL", para obtenção do grau de Mestre em Ciências - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato e realizada a atribuição de conceitos, são de parecer pela "APROVAÇÃO COM DISTINÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências.

Curitiba, 27 de junho de 1980

Professor Luiz Benedito Xavier da Silva, M.Sc  
Primeiro Examinador



Professor Sebastião do Amaral Machado, Ph.D  
Segundo Examinador

Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa, Dr.  
Presidente

À

memória do meu querido pai

ROBERTO RODRÍGUEZ ACOSTA

À

LIZARDA minha mãe,

ROSA minha esposa e

ADRIANA minha filha

Ao estímulo de meus irmãos e  
cunhados

HIROHITO RODRÍGUEZ TELLO

BETTY RODRÍGUEZ DE ESTEVES

JOSÉ D. ESTEVES GIL

DELICIA RENGIFO DE RODRÍGUEZ

DEDICO

## BIOGRAFIA

Julio César Rodríguez Tello, filho de Roberto Rodríguez e Lizarda Tello, nasceu em Moyobamba, Dpto. de San Martín (Peru), no dia 07 de dezembro de 1949.

Concluiu o curso primário na Escola de Aplicação de Moyobamba e o secundário no Colégio Serafin Filomeno, da mesma cidade.

Em 1971 iniciou o Curso de Engenharia Florestal na Universidade Nacional da Amazônia Peruana (UNAP) em IQUITOS-PERU, graduando-se em 1977.

Iniciou em março de 1978, na UFPR, o Curso de Mestrado em Engenharia Florestal com especialização na Área de Manejo Florestal (Inventários Florestais), concluindo os requisitos para o grau de M.Sc. em novembro de 1979.

## AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meu reconhecimento ao orientador, Professor Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa, por sua orientação, estímulos e compreensão, e pelo seu grande sentido de amizade.

Ao projeto CIDA (PERU - CANADÁ), pelo suporte financeiro, facilitando sobremaneira, no decorrer do curso, o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Dr. Vidar John Nordin, Dean/Doyen da Faculdade de Floresta da Universidade de Toronto, encarregado da Cooperação Técnica Internacional e do Subsídio de Becas, pela facilidade oferecida e outorgadas pela Beca.

Aos secretários de desenvolvimento da Embaixada Canadense do Brasil e do Peru, Mr. Raimond Bissonnette e Mr. Louis Patenaude, pela valiosa colaboração prestada no decorrer do Curso.

À Exma. Sra. Maria Teresa Santos, assistente do programa de desenvolvimento da Embaixada Canadense no Brasil, pela gentil colaboração na prorrogação da minha bolsa de estudos.

Aos Engenheiros Niño de Guzman e Hugo Zubiaga M, ambos do Ministério de Indústria e Turismo do Peru, bem como ao Engenheiro M.Sc. Segundo Pascual Camacho da Universidade Nacional da Amazônia Peruana, pelo apoio decisivo nas gestões, para a minha participação no Curso de Pós-Graduação da UFPR.

À FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), pelo suporte financeiro e auxílio de mão-de-obra para a coleta de dados.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por possibilitar a realização deste curso e do presente trabalho.

Ao Engenheiro Florestal M.Sc. Solón Jonas Longui e aos acadêmicos de Engenharia Florestal da UFPR, Luis R. Perez, Sandra H. Tod e Francisco de Oliveira, pela valiosa colaboração na coleta de dados.

Ao Centro de Computação: "ALTAIR PEREIRA BARUSSO" da UFPR, bem como à Mariza D. Carmo pela valiosa colaboração no processamento dos dados para o presente estudo.

Aos professores Coorientadores: Dr. Lutz Faehser, Dr. Sebastião do Amaral Machado, M.Sc. Joésio D.P. Siqueira, M.Sc. Henrique K  hler e também aos professores Dr. Sylvio P  llico Netto e Dr. Dietrich Burguer, pelas valiosas sugestões apresentadas.

Aos demais professores, funcionários, colegas de curso e àqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na realiza  o do presente estudo.

## SUMÁRIO

	Página
Lista de quadros .....	x
Lista de figuras .....	xiv
Lista de variáveis .....	xvii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Considerações sobre o problema proposto .....	1
1.2. Objetivos .....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1. Formas e tamanhos de unidades de amostrass, eficiência e custos .....	5
2.2. Processo de amostragem .....	13
2.2.1. Amostragem aleatória .....	14
2.3. Análise de regressão .....	15
2.4. Condicionantes da regressão .....	16
2.4.1. Homogeneidade de variância .....	16
2.4.1.1. Critério de Bartlett .....	16
2.4.1.2. Critério de Cochran .....	17
2.4.2. Normalidade .....	18
2.4.2.1. Teste qui-quadrado .....	18
2.4.2.2. Teste de Kolmogorov-Smirnov .....	19
2.4.3. Intependência .....	19
2.4.3.1. Teste da correlação em série .....	20
2.4.3.2. Durbin-Watson .....	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	22
3.1. Local de estudo .....	22

	Página
3.1.1. Localização do povoamento .....	22
3.1.2. Características climáticas e do solo .....	22
3.2. Levantamento do inventário total .....	24
3.2.1. Escolha do povoamento .....	24
3.2.2. Organização do trabalho de campo .....	24
3.2.3. Delimitação da área .....	25
3.2.4. Coleta de dados .....	25
3.2.5. Equações de volume usadas .....	26
3.2.6. Obtenção da planta básica .....	27
3.3. Simulação da amostragem .....	27
3.3.1. Localização das amostras na área .....	28
3.3.2. Amostragem preliminar .....	28
3.3.3. Amostragem definitiva .....	30
3.4. Delineamento da metodologia para medição dos tempos .....	30
3.4.1. Delineamento das formas e tamanhos de unidades de amostras .....	30
3.4.2. Delineamento experimental usado .....	31
3.4.3. Localização das parcelas no campo.....	32
3.4.4. Instrumentos e método de cronometragem empre- gados .....	32
3.4.5. Treinamento da equipe .....	33
3.4.6. Instalação das parcelas e medição dos tempos .	34
3.4.6.1. Tempo de instalação .....	34
3.4.6.2. Tempo de medição das variáveis DAP, altura total, altura comercial .....	36
3.4.6.3. Tempo de caminhada .....	36
3.5. Metodologias para a análise .....	36



3.5.1. Metodologia para o estudo da eficiência relativa .....	36
3.5.2. Metodologia para a comparação dos tempos entre as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra .....	38
3.5.3. Critérios para o estabelecimento das regressões dos tempos .....	39
3.5.4. Metodologia para a estimativa dos custos totais por área .....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
4.1. Análise da eficiência relativa .....	43
4.2. Análise de regressão dos tempos para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	57
4.3. Comparação dos tempos das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra .....	59
4.4. Custos	
4.4.1. Custos específicos e totais por área das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra .....	67
4.4.1.1. Custos específicos por área .....	67
4.4.1.2. Custos totais por área .....	72
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	78
6. RESUMO .....	81
SUMMARY .....	84
LITERATURA CITADA .....	86
APÊNDICE 01 .....	89
APÊNDICE 02 .....	101

APÊNDICE 03 .....	105
APÊNDICE 04 .....	108
APÊNDICE 05 .....	127

## LISTA DE QUADROS

		Página
01.	Lados e raios das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	31
02	Diagonais calculadas para os diferentes tamanhos das parcelas quadradas e retangulares ...	35
03.	Forma, tamanho e número de amostras empregadas para o cálculo da eficiência relativa .....	45
04.	Tempos unitários e totais para cada forma e tamanho de unidade de amostra e proporção que se verifica em tamanho e tempo .....	49
05.	Tempo total empregado para cada forma e tamanho de unidade de amostra e diferença em relação à unidade de amostra circular de 200 m <sup>2</sup> ..	50
06.	Erro-padrão em percentagem e tempo total empregado em minutos, para cada forma e tamanho da unidade de amostras .....	51
07.	Eficiência relativa das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	52
08.	Teste de homogeneidade de variância para os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total e medição da altura comercial, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	Apêndice 02
09	Teste de normalidade para os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total	

	e medição da altura comercial, para as diferen-	
	tes formas e tamanhos de unidades de amostra..	Apêndice 02
10.	Teste de independência para os tempos de ins-	
	talação, medição do DAP, medição da altura to-	
	total e medição da altura comercial, para as	
	diferentes formas e tamanhos de unidades de a-	
	mostra.....	Apêndice 02
11.	Regressão para estimativa do tempo de instala-	
	ção, em função do tamanho da unidade de amos-	
	tra .....	60
12.	Regressão para estimativa do tempo de medição	
	do DAP, em função do tamanho da unidade de	
	amostra .....	61
13.	Regressão para estimativa do tempo de medição	
	da altura total, em função do tamanho da uni-	
	dade de amostra .....	62
14.	Regressão para estimativa do tempo de medição	
	da altura comercial, em função do tamanho da	
	unidade de amostra .....	63
15.	Análise de variância dos tempos de instalação	
	para as diferentes formas e tamanhos de unida-	
	des de amostras .....	Apêndice 01
16.	Teste de TUKEY para a comparação das médias do	
	tempo de instalação nos diferentes tamanhos de	
	unidades de amostras .....	64
17.	Teste de TUKEY para a comparação das médias dos	
	tempos de instalação nas diferentes formas de	
	unidades de amostras .....	65

18.	Análise de variância dos tempos de medição do DAP para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	Apêndice 01
19.	Análise de variância dos tempos de medição da altura total para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	Apêndice 01
20.	Análise de variância dos tempos de medição da altura comercial para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	Apêndice 01
21.	Teste de TUKEY para a comparação das médias dos tempos de medição do DAP, altura total e altura comercial nos diferentes tamanhos de unidades de amostras .....	66
22.	Regressão para estimativa do coeficiente de variação em função do tamanho das unidades de amostras .....	68
23.	Número de amostras calculado em função da área para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	69
24.	Estimativa dos custos específicos por área para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	71
25.	Efectividade dos custos específicos por área em oito horas de jornada por dia, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	73
26.	Regressão para estimativa dos custos totais por área, para as diferentes formas e tamanhos de	

	Página
unidades de amostras .....	75
27. Custos totais por área das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras .....	76
28. Otimização dos custos totais por área em oito horas de jornada por dia para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras ....	77

## LISTA DE FIGURAS

	Página
01. Localização do povoamento no Estado do Paraná.	23
02. Planta básica da área (mapeamento das árvores. Apêndice 05	
03. Área de localização da amostragem .....	29
04. Comportamento do tempo de instalação com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares .....	109
05. Comportamento do tempo de medição do DAP com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares .....	110
06. Comportamento do tempo de medição da altura total com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares .....	111
07. Comportamento do tempo de medição da altura comercial com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares .....	112
08. Comportamento do tempo de instalação com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas .....	113
09. Comportamento do tempo de medição do DAP com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.....	114
10. Comportamento do tempo de medição da altura total com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas .....	115

11.	Comportamento do tempo de medição da altura comercial com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas .....	116
12.	Comportamento do tempo de instalação com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares. ....	117
13.	Comportamento do tempo de medição do DAP com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares .....	118
14.	Comportamento do tempo de medição da altura total com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares .....	119
15.	Comportamento do tempo de medição da altura comercial com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares .....	120
16.	Comportamento do coeficiente de variação com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares .....	121
17.	Comportamento do coeficiente de variação com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas .....	123
18.	Comportamento do coeficiente de variação com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares .....	124
19.	Comportamento do custo total por área (tempo) com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares .....	125



20.	Comportamento do custo total por área (tempo) com o aumento do tamanho das unidades de amos- tras quadradas .....	126
21.	Comportamento do custo total por área (tempo) com o aumento do tamanho das unidades de amos- tras retangulares .....	127

## LISTA DE VARIÁVEIS

- 01. D = DAP, diâmetro a altura do peito
- 02. H = Altura
- 03. GL = Graus de liberdade
- 04. S = Desvio-padrão
- 05.  $S\bar{x}\%$  = Erro-padrão da média em percentagem
- 06. t = t de student
- 07.  $\chi^2$  = qui quadrado de Bartlett (homogeneidade de variância)
- 08. K-S = Kolmogorov-Smirnov (Normalidade)
- 09. RS = Correlação em série (Independência)
- 10. R = Coeficiente de correlação
- 11.  $R^2$  = Coeficiente de determinação
- 12.  $S_{xy}$  = Erro-padrão da estimativa
- 13. CV = Coeficiente de variação
- 14. F = Anova de análise de variância
- 15.  $B_j$  = Coeficientes ( $j = 0,1$ )
- 16. A = Área
- 17. T = Tempo

## 1. INTRODUÇÃO

Os inventários florestais no Brasil se iniciaram há alguns anos atrás, visando objetivos bem claros para a obtenção de informações e tomada de decisão sobre as necessidades presente e ações futuras, já que são instrumentos importantes para a avaliação da capacidade produtiva e dos serviços provenientes da floresta.

Na atualidade, os mesmos objetivos estão enquadrados no princípio de uma exploração racional da floresta, baseando-se principalmente no manejo econômico sustentado.

Os tamanhos e formas de unidades de amostra usados nos inventários nos diferentes processos de amostragem, estão baseados nas experiências dos profissionais e com o intento de que sejam atingidas informações ao mínimo custo.

Embora já existam algumas pesquisas indicadoras da melhor forma e tamanho das unidades amostrais para florestas nativas e plantadas, ainda faltam estudos de eficiência dos diferentes tamanhos e formas de unidades de amostra, em função da precisão e custo para uma melhor planificação dos inventários.

### 1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROBLEMA PROPOSTO

As diversas atividades que constituem os inventários florestais resultam em custos que são de fácil concepção. A dificuldade se apresenta no quantificar os resultados obti-

dos. Em termos gerais, existe um padrão de que os maiores custos são justificados somente quando a importância da precisão dos resultados é grande. Assim sendo, há a necessidade de se definir até que ponto os custos adicionais representam benefícios adicionais, pelo menos iguais ao aumento dos custos em relação à maior precisão e utilidade dos resultados.

Uma metodologia para avaliar os resultados dos inventários permite a decisão sobre o nível dos custos mais adequados, o que finalmente nos resolveria a dúvida de que os recursos disponíveis para os trabalhos dos inventários florestais, estão sendo aplicados ou não da melhor forma possível.

O cálculo dos custos por área ( $m^2$ ,  $km^2$  ou ha) de um determinado tipo de inventário, com uma intensidade de amostragem fixa e em determinadas condições físicas, é relativamente fácil. Depois de se calcular os custos em função de qualquer um destes parâmetros, é lógico se esperar, por exemplo, que uma amostragem de 4% trará mais custos que uma de 2%, sem, no entanto, ser o dobro.

O custo de um inventário com uma intensidade estabelecida será menor em terrenos planos, com uma rede de estradas ou percurso de rios, que numa floresta fechada e acidentada. É importante, também, levar em consideração o clima, acessibilidade, experiência do pessoal, etc.

Dispondo destas informações, normalmente se decide sobre o grau permissível dos custos ordenados pela importância e finalidade dos respectivos projetos ou inventários, do tempo e dos recursos disponíveis.

A tendência da maioria dos técnicos é executar inven-

tários com a maior precisão e exatidão possível, deixando para um segundo plano os demais fatores. Os administradores tratam de distribuir os recursos disponíveis de tal maneira que os resultados totais do trabalho da empresa ou instituição sejam os mais satisfatórios, segundo critérios adaptados.

Tratando-se dos inventários com fins de pesquisa, o custo normalmente está de acordo com a quantidade de dinheiro destinado às pesquisas florestais.

No caso de explorações, avaliação de estoques e outros, as somas gastas nos inventários dependerão do provável valor da madeira em pé e da situação competitiva das empresas particulares, ou das normas pré-estabelecidas pelo órgão florestal nacional.

Ao serem considerados os custos dos inventários, regional ou nacional, estes são principalmente determinados pelos recursos disponíveis, que se destinam à planificação ou desenvolvimento econômico, e também pelos desempenhos dos resultados dos inventários.

Na ausência de um procedimento que permita determinar os custos ótimos de cada inventário, o que deverá ser feito é determinar os requisitos de exatidão mínima permissível.

Nos países onde se tem manipulado muito com os inventários, já existem dados para se estabelecer comparações, enquanto que, em países em vias de desenvolvimento, onde a ciência florestal é recente, há necessidade de se obter informações sobre custos, referentes a pessoal técnico, como operários; de equipes; de instrumentos; de maquinárias; de acampamentos; de equipes de escritório; de mapas e de foto-

grafias aéreas, assim como também custos por tamanho e forma de unidades de amostras, para os diferentes processos de amostragem, para uma melhor planificação e tomada de decisões no desenvolvimetro econômico florestal do país.

## 1.2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo são os seguintes:

a) determinar a eficiência relativa às diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, através da comparação dos erros de amostragem e do custo correspondente às diferentes unidades de amostras, a fim de eleger a forma e o tamanho que forneça a informação desejada pelo mínimo custo.

b) Definir para o povoamento em estudo, qual a melhor forma e tamanho de unidade de amostra a ser utilizada no processo de amostragem aleatória.

c) Determinar o custo total em função da área para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, na amostragem aleatória ao nível de 95% de probabilidade e um limite de erro de 10%.

d) Determinar a efetividade das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, em oito horas de trabalho por dia no levantamento de certo número de amostras.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRAS, EFICIÊNCIA E CUSTOS

Para a determinação da melhor forma e tamanho das unidades de amostras, suas eficiências e custos, existe uma boa quantidade de informações de trabalhos que foram feitos em outros países. No Brasil, também foram feitos alguns estudos, onde se pode consultar as metodologias empregadas e os critérios assumidos. A seguir serão mencionadas algumas das pesquisas mais pertinentes a este respeito.

MESAVAGE & GROSENBAUGH<sup>23</sup>, em seus trabalhos indicam um procedimento para determinar o tamanho de amostra ótima, que consiste em:

- a) levantar uma série de unidades de amostras concêntricas, de diferentes tamanhos;
- b) calcular o volume ou a área basal para cada tamanho de unidade de amostra;
- c) calcular a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação de cada tamanho em estudo;
- d) calcular o número de amostras de menor tamanho, necessário para uma precisão estipulada;
- e) calcular o número de amostras dos outros tamanhos para se obter uma intensidade de amostragem igual à das unidades menores;
- f) estimar o tempo de levantamento para cada tipo de

unidade de amostra;

g) comparar a eficiência relativa a todos os tamanhos de unidades de amostra com aquela de menor tamanho.

Segundo HUSCH<sup>18</sup>, os custos para a determinação da eficiência relativa das unidades de amostras só se justificam em grandes áreas, ou seja, ter uma unidade de amostra suficientemente grande para incluir o número de árvores que representem a população e, ao mesmo tempo, adequadamente pequena para que o tempo requerido para o seu levantamento não seja excessivo.

O mesmo autor cita os trabalhos de JOHNSON & HIXON - (1952), quando fizeram um estudo num bosque de Douglas-FIR (*Pseudotsuga s.p.p.*), usando unidades de amostra retangulares, encontrando o tamanho de 20 por 60 metros como o mais eficiente. Também cita as recomendações do Serviço Florestal dos Estados Unidos da América do Norte, que consiste em usar unidades de amostra com tamanhos de acordo com a classe de produtos que se deseja obter da floresta em estudo. Assim, para florestas de onde se obtém madeiras para serraria, recomendam o uso de unidades de amostras de  $800 \text{ m}^2$  (0,08 ha); para florestas de onde se obtém madeiras para postes, unidades de amostra de  $400 \text{ m}^2$  (0,04 ha) e para florestas pequenas, unidades de amostra de  $40 \text{ m}^2$  (0,004 ha).

Segundo SPURR<sup>38</sup>, o problema da amostragem está diretamente ligado à precisão requerida nos trabalhos e à unidade de custo de operação. Salienta, também, que amostras de  $1.000 \text{ m}^2$  (0,1 ha) podem ser consideradas como padrão para povoamentos adultos; unidades de amostra de  $400 \text{ m}^2$  (0,04 ha) ou 0,08 ha) para povoamentos jovens; amostras maiores são fre-



quentemente indicadas para povoamentos com considerável grau de cobertura.

FREESE<sup>13</sup>, afirma que o tamanho e a forma das unidades de amostra podem afetar o custo do inventário, sua precisão ou ambos ao mesmo tempo, demonstrando sua afirmação com um trabalho no qual se testaram amostras de 2,5 cm por 15 cm e de 2,5 cm por 30 cm para inventariar as mudas de um viveiro, resultando mais eficientes as amostras de menor tamanho.

COCHRAN<sup>5</sup>, cita o trabalho de JOHNSON, no inventário de mudas de *Pinus* num viveiro. JOHNSON considerou quatro tamanhos de amostras, levando 15 minutos para inventariar cada uma. Determinou sua precisão e calculou a sua eficiência relativa, obtendo como resultado de maior eficiência, aquela de menor tamanho.

CASTILLO<sup>4</sup>, testou a eficiência de amostras de forma circular de 500 m<sup>2</sup>, 1.000 m<sup>2</sup> e 1.500 m<sup>2</sup> (0,05, 0,1 e 0,15 ha) e uma de forma retangular de 1.600 m<sup>2</sup> (0,16 ha), concluindo que a uma mesma intensidade de amostragem de 4,5% as amostras de menor tamanho são mais eficientes e mais precisas na estimativa do volume total por ha.

SILVA<sup>35</sup>, em seu trabalho sobre a seleção de unidades amostrais aplicado a *Pinus taeda*, concluiu que o agrupamento das paredes retangulares adjacentes proporcionou melhores resultados na seleção do tamanho e forma da unidade amostral.

SILVA<sup>36</sup>, em seu estudo sobre simulações de formas e tamanhos de amostra, considerados alguns processos de amostragem e idealizadas sobre uma planta básica da unidade de estudo com *Eucalyptus alba* Rewien, concluiu que as unidades de amostra estreitas e compridas, proporcionam melhores, re-

sultados, no que diz respeito à otimização das estimativas.

LOETSCH & HALLER<sup>24</sup>, em inventários florestais na Alemanha, optaram pelas unidades de amostra circulares concêntricas, ou combinadas, resultando maior eficiência a estas, quando comparadas com amostras simples.

PEARCE<sup>31</sup>, afirma que não há informação acerca da melhor forma para unidades amostrais, mas deve-se observar que para economizar área, as pequenas são melhores, e para reduzir a mão-de-obra, as maiores. As unidades amostrais estreitas e compridas são melhores que as quadradas, de uma maneira geral, porém às vezes, as quadradas se sobrepõem àquelas, e a decisão sobre uma e outra forma depende do propósito do estudo.

OGAYA<sup>27</sup>, em seu trabalho sobre a influência do tamanho das parcelas nos erros de amostragem em inventários florestais, concluiu que, do ponto de vista estatístico, as parcelas de dimensões pequenas oferecem maiores vantagens; afirma também que ao utilizar parcelas grandes apresenta-se uma perda de eficiência, causada pela tendência das espécies a certo tipo de associação ou gregarismo.

Em inventários realizados na Suécia, NYSSÖNEN citado por LÖETSCH et alii<sup>25</sup>, usou parcelas combinadas em relação às classes diamétricas, resultando mais economia em relação ao processo de unidades amostrais simples.

SINGH, citado por QUEIROZ<sup>33</sup>, diz que em reconhecimento preliminar na Índia, num total de 39 unidades de amostra, em uma área florestal de 80.000 ha, os resultados revelaram que em florestas tropicais, tanto as dimensões como a forma exercem uma influência importante sobre o coeficiente

de variação. Já em florestas decíduas adjacentes, as dimensões e forma produzem pouco efeito sobre a precisão.

VERUETTE & PIMENTEL<sup>42</sup>, em seu trabalho de amostragem comparativo entre parcelas circulares com dimensões variáveis, chegaram à conclusão de que as parcelas circulares de 1.000 m<sup>2</sup> (0,1 ha) forneceram como resultado uma eficiência estatisticamente não significativa com respeito ao inventário total. Consideram ainda que a superfície afetada por estas unidades amostrais é de uma magnitude facilmente controlável, o que evita ou reduz ao mínimo os erros sistemáticos e acidentais na coleta de dados. Além disso, salientam que a experiência do pessoal participante no trabalho contribuiu amplamente na redução do erro de quantificação de volumes de madeira.

QUEIROZ<sup>33</sup>, em seu trabalho para determinar os efeitos da variação estrutural em unidades amostrais aplicado no processo de amostragem em conglomerados nas florestas do planalto do Tapajós, chegou à conclusão de que, em inventários florestais de áreas extensas, o processo de amostragem em conglomerados, com o número mínimo ótimo de subunidades e área em torno da superfície ideal e bem distanciadas resulta no valor mínimo do componente de custo. A única desvantagem no uso da área ideal, por exemplo em torno de 0,12 ha, é a dificuldade de planejá-la em forma circular, pois o raio torna-se bastante grande para o desenvolvimento das operações de campo.

PAEZ BOGARIN<sup>30</sup>, trabalhando com formas e tamanhos de parcelas experimentais aplicadas em cultivo de café na Colômbia, afirma que não se pode concluir de maneira definitiva

va acerca da forma mais adequada para as parcelas, devido à sua dependência de locação no terreno. Os resultados de seu trabalho mostraram ainda que as unidades sem bordadura são as mais eficientes na forma retangular e nos experimentos com bordadura, sobressaíram as de forma quadrada.

OSBORNE, citado por CASTILLO<sup>4</sup>, indica que, teoricamente, uma amostra de forma retangular com seu eixo mais comprido e com ângulos retos nos seus vértices deverá ser mais eficiente, pois sua forma comprida tende a cruzar as condições de variabilidade da floresta.

No inventário florestal do Distrito Federal do Brasil<sup>6</sup>, levado a cabo pelo Centro de Pesquisas Florestais do Paraná, as unidades escolhidas para o levantamento florestal de quatro tipos florestais da região de cerrado, foram faixas retangulares de largura fixa de 10 m. Para os povoamentos artificiais optou-se pelos "Pontos de Estação de Bitterlich".

CASTILLO<sup>4</sup>, concluiu que, para igual superfície, as parcelas em forma circular precisam de menor tempo para delimitação que as parcelas de forma retangular.

SUKTHATME<sup>41</sup>, indica que, quanto maior for o tamanho da amostra tomada de uma população, obviamente, tanto menor será o erro de amostragem em média e maior será a confiança nos resultados. Salienta ainda que em termos gerais, para uma proporção dada da população a ser amostrada, quanto menor for a unidade de amostra, mais exata será a estimativa do mesmo.

No inventário florestal do Pinheiro no Sul do Brasil levado a cabo pela FUPEF (Fundação de Pesquisas Florestais

do Paraná)<sup>7</sup>, em convênio com o IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), utilizaram unidades de amostras retangulares com 20 m de largura por 125 m de comprimento. Essa unidade ainda foi dividida em 5 subunidades de 20 m de largura por 25 m de comprimento. A unidade amostral tinha ainda, dois círculos concêntricos destinados ao levantamento da regeneração natural. O círculo maior abrangia uma área de  $100 \text{ m}^2$ , equivalente ao raio de 5,64 m, o menor de  $10 \text{ m}^2$ , equivalente a 1,78 m de raio.

SILVA<sup>35</sup>, concluiu que a parcela retangular de  $400 \text{ m}^2$  (0,04 ha) proporciona melhor eficiência que os outros tamanhos.

OGAYA<sup>27</sup>, concluiu que os custos de realização do inventário aumentam com as parcelas pequenas, pois é necessário abrir uma longitude maior de alinhamento para cobrir a mesma superfície de levantamento. A abertura de picadas e deslocamento do pessoal representam uma elevada percentagem dos custos totais dos levantamentos nas florestas tropicais. Por tal motivo, e, tendo-se em vista que a escolha do tamanho da parcela é um compromisso entre a teoria estatística, as condições práticas mais favoráveis de trabalho e os custos recomendam o uso de parcelas retangulares de 20 m de largura e de 100 m ou 125 m de comprimento.

HUSCH<sup>19</sup>, afirma que as parcelas circulares têm vantagem de serem definidas por uma única dimensão, o raio, com a dificuldade em sua demarcação, face a seus limites em curva. Nas parcelas retangulares, todos os limites são linhas retas, o que elimina aquela inconveniência citada para as circulares.

SPURR<sup>38</sup>, indica que o tamanho da parcela deverá ser suficientemente grande para incluir no mínimo vinte árvores. Diz também que, para florestas de alta densidade com árvores pequenas dever-se-á usar parcelas pequenas, enquanto que em florestas de baixa densidade, com árvores grandes dever-se-á usar parcelas grandes.

GOMES<sup>17</sup>, comenta que, em florestas de Portugal sujeitas a tratos silviculturais, é comum utilizar unidades de amostras com superfícies variáveis de 0,02 a 0,1 ha (200 a 1.000 m<sup>2</sup>). Ressalta que as parcelas menores são ideais para povoamentos jovens, densos e uniformes, ao passo que as maiores para povoamentos heterogêneos. O mesmo autor indica que a decisão na escolha do tamanho da unidade de amostra é tomada em função das experiências e confronto entre a precisão e custos.

A Direção Geral dos Serviços Florestais e Agrícolas de Portugal<sup>11</sup>, utilizou parcelas circulares concêntricas, cujas dimensões variavam, segundo a natureza dos estratos florestais. Assim, para povoamentos puros e mistos de Pinheiro bravo e Pinheiro manso foram usadas parcelas de 0,01 a 0,1 ha (100 a 1.000 m<sup>2</sup>), enquanto que, para povoamentos de *Eucalyptus spp* variaram de 0,05 a 0,1 ha (500 a 1.000 m<sup>2</sup>).

BRYAN<sup>3</sup>, apresentou um procedimento para efetuar a correção da declividade, procurando ajustar as parcelas circulares aos terrenos inclinados.

No inventário florestal do México, FUENTES & DELOYA<sup>15</sup>, utilizaram parcelas retangulares com 0,01 a 0,1 ha (100 a 1.000 m<sup>2</sup>), em regiões de clima quente e úmido, parcelas circulares de 0,1 ha (1.000 m<sup>2</sup>) em regiões de clima temperado.

De acordo com LOETSCH et alii<sup>25</sup>, o custo total de amostragem, pode ser obtido multiplicando-se o número de amostras pelo custo médio de caminhamento, e, adicionando-se a este resultado o produto obtido pelo custo médio de medição da parcela, vezes a área da amostra considerada como padrão e, ainda, pela intensidade de amostragem. Assim, o número ótimo de amostras torna-se uma função não só da melhor dimensão, como também dos custos específicos.

Segundo DAUBER, E.<sup>10</sup>, um método para se determinar os custos de amostragem num inventário florestal é conseguido aplicando-se a fórmula seguinte:

$$C \text{ total} = C \text{ fixo} + C \text{ variável}$$

Custo fixo = caminhamento até o lugar do inventário, diárias.

$$Custo \text{ variável} = \left( t.n + \sqrt{\frac{F.n}{\bar{V}}} \right) \cdot 2 L$$

Onde:

t = tempo de medição por amostra

n = número de amostras

F = área do povoamento

$\bar{V}$  = velocidade média de caminhamento

L = salário da equipe

## 2.2 PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Segundo FREESE<sup>13</sup>, a amostragem é de grande importância porque a medição de todos os indivíduos da população é proibitivamente cara. É bem sabido que a amostragem proporciona, frequentemente, a informação essencial a um custo bas-

tante menor que uma enumeração total, sabendo-se, também, que essas informações podem ser, em muitas ocasiões, mais confiáveis.

### 2.2.1. AMOSTRAGEM ALEATÓRIA

Segundo COCHRAN & FREESE<sup>5,13</sup>, a idéia fundamental da amostragem inteiramente aleatória consiste em se escolher uma amostra de "n" unidades; cada combinação possível das unidades deve ter igual oportunidade de ser escolhida. Para que se cumpra esta condição é necessário que a eleição de qualquer unidade seja independente da eleição das outras unidades.

SUKTHATME<sup>41</sup>, LOETSCH<sup>25</sup>, MESAVAGE & GROSENBAUGH<sup>23</sup>, afirmam que as unidades de amostra de menor tamanho com mais repetição dão maior eficiência e precisão. Segundo LANLI, citado por AMARAL<sup>1</sup>, a forma das parcelas não afeta grandemente a precisão, sendo que, parcelas alongadas e pequenas, oferecem geralmente uma melhor consistência.

De acordo com SPIEGEL, M.R.<sup>37</sup>, uma das maneiras segundo a qual se pode obter uma amostra representativa, é o processo denominado amostragem aleatória, que, de acordo com o mesmo, cada elemento de uma população tem a mesma probabilidade de ser incluído na amostra.

HUSCH<sup>19</sup>, diz que a amostragem ao acaso é uma aplicação prática da teoria das probabilidades, onde as parcelas são escolhidas aleatoriamente e em sorteios independentes, o que permite eliminar erros sistemáticos, calcular o erro-padrão da estimativa e, além disso, antecipar com segurança o



número de unidades amostrais a serem medidas.

Agrega ainda, o mesmo autor, que a amostragem aleatória simples é um processo fundamental de seleção e, todos os outros processos são variações no intento de se obter maior economia e exatidão.

FREESE<sup>14</sup>, diz que a variabilidade de uma estimativa depende do método de amostragem, do tamanho da unidade de amostra e da variabilidade das unidades individuais na população.

### 2.3. ANÁLISE DE REGRESSÃO

Segundo FREESE<sup>14</sup>, a finalidade da aplicação da regressão consiste no seguinte:

a) Encontrar uma função matemática que possa ser utilizada para descrever a relação existente entre uma variável dependente e outras denominadas independentes.

b) Testar hipóteses sobre a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes.

MERRIL, W.C & FOX, K.A.<sup>22</sup>, consideram que o propósito fundamental da análise de regressão simples é estimar a relação entre duas variáveis  $x$  e  $y$ . Uma vez estimada esta relação, podemos saber o grau de validade dessa relação ou estimar o grau de exatidão das previsões feitas com base nessa relação.

LOETSCH<sup>26</sup>, diz que a derivação das equações de regressão apresentam três fases distintas:

a) Seleção de um suficiente número de amostras representativas.

b) Medição das variáveis independentes e dependentes para a estimativa da equação.

c) Seleção do melhor modelo de equação, baseando-se em critérios estatísticos.

CUNIA<sup>8</sup>, aconselha que, para o estabelecimento de uma regressão é necessário que a variável dependente cumpra as condições básicas de homogeneidade de variância, normalidade de distribuição e independência, sendo que o não cumprimento dessas condicionantes pode acarretar consequências nas comparações estatísticas dos resultados.

## 2.4. CONDICIONANTES DA REGRESSÃO

Segundo CUNIA<sup>9</sup>, FRAYER<sup>12</sup>, FREESE<sup>14</sup>, existem três condicionantes básicas da regressão, que são: homogeneidade de variância, normalidade de distribuição e independência dos resíduos.

### 2.4.1. HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA

#### 2.4.1.1. CRITÉRIO DE BARTLETT

É o mais usado para o teste de homogeneidade de variância.

Segundo STEEL & TORRIE<sup>39</sup>, para o cálculo de  $x^2$  utiliza-se a fórmula:

$$x^2_{(m-1)gl} = \frac{M \ln \left\{ \frac{\sum_{u=1}^m (V_u S_u^2)}{M} \right\} - \sum_{u=1}^m (V_u \cdot \ln S_u^2)}{1 + \frac{1}{3(m-1)} \left( \sum_{u=1}^m \frac{1}{V_u} \right)}$$

Onde:

$m$  = número de classes

$S_u^2$  = variância da classe  $u$

$V_u$  = graus de liberdade associados com a variância  $S_u^2$

$$M = \sum_{u=1}^m V_u$$

O valor de  $x^2$  é comparado com o valor da tabela. Se não existir significância, conclui-se que há homogeneidade de variâncias.

#### 2.4.1.2. CRITÉRIO DE COCHRAN

GMURMAN<sup>16</sup>, indica que o valor do critério de COCHRAN é encontrado pela razão entre a maior variância e a soma de todas as variâncias; assim temos:

$$G \text{ obs.} = \frac{S^2_{\text{max.}}}{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_e^2}$$

Para usar o método é necessário que se tenha o mesmo número de graus de liberdade em cada classe ( $K = n-1$ )

O  $G$  depende do número de graus de liberdade e da quantidade de amostras  $n$ .

Comparando o valor de  $G$ , observado com o valor do  $G$  tabelar, caso seja constatado que o  $G$  observado é menor, então a hipótese de nulidade não pode ser rejeitada.

## 2.4.2. NORMALIDADE

### 2.4.2.1. TESTE QUI-QUADRADO

Segundo FRAYER<sup>12</sup>, PRODAN<sup>32</sup>, YAMANE<sup>43</sup>, a normalidade pode ser determinada mediante o teste estatístico do  $x^2$ , usando-se as frequências esperadas e observadas da distribuição da seguinte forma:

$$x^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(Fo - FE)^2}{FE}$$

Onde:

Fo = frequência observada

FE = frequência esperada

m = número de classes

O  $x^2$  calculado é comparado com o  $x^2$  tabelar para (m-3) graus de liberdade. Os três graus de liberdade são perdidos pelo uso do número de observações, média e variância para o cálculo das frequências esperadas.

A fórmula para o cálculo das frequências esperadas é a seguinte:

$$FE = \frac{N}{S \cdot 2 \cdot \pi} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{Xc - \bar{X}}{S} \right)^2}$$

Onde:

S = desvio-padrão das observações da variável dependente

Xc = valor do centro da classe

$\bar{X}$  = média das observações

$e$  = base do logaritmo neperiano

$N$  = número de observações

#### 2.4.2.2. TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

De acordo com SACHS<sup>34</sup> e PETERS & SUMMER<sup>29</sup>, o teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV constitui outra alternativa estatística para verificar a normalidade. O teste está baseado no cálculo da razão entre a diferença máxima absoluta entre as frequências observadas e as esperadas dividida pelo número de observações. Quando o  $n > 30$  a razão  $K_s$  é comparada com o valor de  $1,63/\sqrt{n}$  a 1% ou 5%; caso contrário, utiliza-se, normalmente, a tabela de KOLMOGOROV-SMIRNOV. A razão está dada pela fórmula:

$$K_s = \frac{d_{\text{máx}}}{n}$$

Onde:

$d_{\text{máx}}$  = máxima diferença absoluta entre as frequências observadas e esperadas

$n$  = número de observações

#### 2.4.3. INDEPENDÊNCIA

JOHNSTON, J.<sup>20</sup>, MERRILL, W.C. & FOX, K.A.<sup>22</sup> e YAMANE<sup>43</sup> citam alguns testes estatísticos que podem servir de alternativa na prova de independência; assim temos:

### 2.4.3.1. TESTE DA CORRELAÇÃO EM SÉRIE

Para se calcular a correlação em série, emprega-se a fórmula seguinte:

$$r_1 = \frac{\sum (x_i)(x_{i+1}) - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

Onde:

$x_i$  = termo da série de ordem  $i$

$x_i + 1$  = termo da série de ordem  $i + 1$

$n$  = número de observações.

Compara-se o  $r_1$  calculado com o valor tabelar da distribuição de ANDERSON. Se este valor é maior que o valor da tabela, diz-se que existe correlação em série, ou seja, que as observações não são independentes.

### 2.4.3.2. DURBIN-WATSON

A prova de DURBIN-WATSON é muito importante para se testar a presença de distúrbios autocorrelacionados; em outras palavras, o teste é aplicado para provar se os  $E_i$ , definido como erro estocástico ou perturbação da regressão, estão correlacionados em série.

A prova da independência de dados em regressão é de valiosa importância, pois quando os  $E_i$  são dependentes e apresentam correlação em série, ao se aplicar o método dos mínimos quadrados pode não dar as melhores estimativas, não

podendo, portanto, testar nenhum tipo de hipótese.

Para se calcular o valor de "d" utiliza-se a fórmula:

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n \{E_i - (E_{i-1})\}^2}{\sum_{i=1}^n E_i^2}$$

A prova de significância para certo nível de probabilidade é feita em termos de hipótese.

$H_0$  e  $H_1$

Onde:

$H_0$  = não existe correlação em série

$H_1$  = existe correlação em série

Comparando-se o valor de "d" calculado com os valores da tabela, conclui-se o seguinte:

$d < d_L$                       o "d" é significativo e aceita-se a hipótese alternativa de que existe correlação em série.  
 $d > 4-d_L$

$d_u < d < 4-d_u$             o "d" não é significativo e aceita-se a hipótese da nulidade de que não existe correlação em série e é de se supor que os  $E_i$  são independentes.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. LOCAL DE ESTUDO

##### 3.1.1. LOCALIZAÇÃO DO POVOAMENTO

O povoamento utilizado para a realização da pesquisa localiza-se no Município de São João do Triunfo, no Estado do Paraná, Brasil, a 780 m de altitude e entre os paralelos 25°34'18" de Latitude S e 50°05'56" de Longitude W, conforme demonstra a Figura 01.

O referido povoamento pertence à Universidade Federal do Paraná, possuindo uma área de 32 ha e está localizado à margem direita do Rio Iguaçu.

##### 3.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E DO SOLO

De acordo com a classificação de KOEPPEN, a região apresenta um clima temperado sempre úmido, do tipo cfb, caracterizado por uma temperatura inferior a 22°C durante os meses mais quente MAACK<sup>21</sup>.

Segundo fontes do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a estação meteorológica mais próxima da área de estudo está localizada no Município de São Mateus do Sul (Figura 01), a 770 m de Altitude, e apresenta as características climáticas: (médias de 1959-1975)

Temperatura média anual: 17,2°C





Precipitação anual: 1.526 mm

Mês mais chuvoso: fevereiro (192 mm)

Mês mais seco: junho (71 mm)

O solo da região de estudo é, segundo HOOG\*, do tipo Podzólico vermelho-amarelo Distrófico, encontrando também em pequena proporção, solo do tipo Cambisol Distrófico Alíco. Os solos são Distróficos porque apresentam baixa saturação de bases, e Alícos porque apresentam alta concentração de Alumínio (Al), sendo por isso, ácidos.

### 3.2. LEVANTAMENTO DO INVENTÁRIO TOTAL

#### 3.2.1. ESCOLHA DO POVOAMENTO

Para a coleta dos dados foi necessário que o povoamento preenchesse certas condições, principalmente no que se refere à topografia plana e características edáficas uniformes, já que estes fatores influenciam na análise das formas, tamanhos e custos das unidades amostrais, que são os objetivos principais da pesquisa.

#### 3.2.2. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO

A equipe de campo foi constituída por quatro pessoas e distribuídas em suas atividades de maneira racional, para permitir uma sequência normal das medições a serem realizadas.

\* DE HOOG. R. Análise das amostras de solo.

A distribuição do pessoal nas suas atividades foi a seguinte:

Um medidor de alturas.

Um medidor do DAP.

Um anotador.

Um abridor de picadas (identificador das espécies).

### 3.2.3. DELIMITAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo foi delimitada e dividida em 9 talhões, sendo cada talhão um hectare. Na delimitação não foram retiradas as árvores das picadas para que a floresta não perdesse a sua estrutura natural.

A coleta das informações foi feita por talhão e para a simulação da amostragem foi considerada a população inteira, já que a configuração da floresta não foi alterada.

### 3.2.4. COLETA DE DADOS

Foram medidas as seguintes variáveis:

a) Diâmetro com casca de todas as araucarias maiores do que 10 cm de DAP e as folhosas a partir de 20 cm de DAP. A medição foi feita com suta e o registro em folhas devidamente preparadas.

b) Altura total e comercial das araucarias e altura comercial das folhosas, com o auxílio de hipsômetro "Blume Leiss". Utilizou-se, na maioria dos casos, as graduações de 20 a 30 metros da escala do aparelho.

As espécies foram identificadas por seu nome vulgar, com a colaboração de um mateiro participante da equipe e pos-

teriormente foi identificado por um botânico, pelo nome científico. As árvores foram devidamente marcadas para evitar duplicações nas medições. Também foram medidas as distâncias e rumos entre as árvores para a elaboração da planta básica, com a qual foi feita a simulação da amostragem aleatória.

### 3.2.5. EQUAÇÕES DE VOLUME USADAS

Como o objetivo principal do trabalho não é propriamente o volume, sua estimação foi feita usando-se as equações de volume, que foram testadas no inventário do Pinheiro no Sul do Brasil<sup>7</sup>, região II (Unidade 2), que abrange a localidade de São João do Triunfo, tanto para Araucaria, como para as folhosas. Possivelmente, tenha ocorrido tendenciosidade na estimativa do volume da Araucaria na classe diamétrica de 10 a 20 cm, já que os coeficientes das equações, tanto para Araucaria como para as folhosas abrangem classes diamétricas a partir de 20 cm até 150 cm de DAP.

As equações são as seguintes:

- a) EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DO VOLUME TOTAL COM CASCA DA ARAUCARIA

$$V = 0,02394804 + 0,5330851 \cdot d^2 h$$

- b) EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DO VOLUME COMERCIAL COM CASCA DA ARAUCARIA

$$V = -0,0515975 - 0,623586 \cdot d^2 + 0,7749955 \cdot d^2 h - 0,009742885 dh^2 + 0,001808991 h^2$$

c) EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DO VOLUME COMERCIAL COM  
CASCA DAS FOLHOSAS

$$\text{LN}(V) = - 0,16984 + 2,15797 \cdot \text{LN}(d) + 0,73378 \cdot \text{LN}(h)$$

### 3.2.6. OBTENÇÃO DA PLANTA BÁSICA

Com as medidas das distâncias e os rumos magnéticos entre as árvores, foi facilitada a alocação das árvores no papel milimetrado em uma escala pré-estabelecida, conforme pode ser visto na Figura 02, no Apêndice 05.

O cálculo dos volumes individuais das árvores que compõem a área em estudo, foi processado com o auxílio das equações já enunciadas. Cada árvore numerada foi representada na planta básica pelo seu respectivo número de ordem.

Ressalta-se também que algumas árvores representadas pelo mesmo número estão diferenciadas por letras, de acordo com a numeração original do campo.

A planta básica (mapa), contém 2.623 árvores, englobando os 9 hectares de *Araucaria angustifolia* e folhosas, sobre a qual se fundamenta a simulação e estudos do presente trabalho.

### 3.3 SIMULAÇÃO DA AMOSTRAGEM

Para o estudo, optou-se pelo processo de amostragem aleatória, levando em consideração que a área é pequena e a floresta apresenta uma boa acessibilidade.

A população se constitui de  $90.000 \text{ m}^2$  (9 ha), como po-

de ser verificado na Figura 03, com 2.623 árvores entre Araucarias e folhosas, que fornecem um volume comercial de 207,432 m<sup>3</sup>/ha.

Para estes dados foi realizada a simulação com finalidade de obter os parâmetros dendrométricos das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra.

### 3.3.1. LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS NA ÁREA

Sobre o mapa-base da área, na escala de 1:50.000, procedeu-se a confecção de um eixo de coordenadas, em papel milimetrado, com o objetivo de localizar as amostras onde seriam coletadas as informações de volume. A escala da abcissa foi dimensionada para a largura da amostra e a ordenada para o comprimento da mesma. O centro de cada amostra corresponde aos pontos situados entre os pontos dimensionados em escalas nas coordenadas numeradas de 1 a n.

A escolha de uma amostra foi feita em dupla aleatorização, isto é, primeiro sorteou-se um ponto correspondente à abcissa e após, procedeu-se o sorteio para a ordenada. A interação dos pontos sorteados correspondeu ao centro da amostra.

### 3.3.2. AMOSTRAGEM PRELIMINAR

Uma vez definida a metodologia de localização das unidades de amostra sobre a planta básica (mapa), foram simuladas 31 amostras de diferentes formas e tamanhos, estimando para todas elas seus respectivos parâmetros. Com os mesmos foram calculados o número de amostras necessárias e defini-

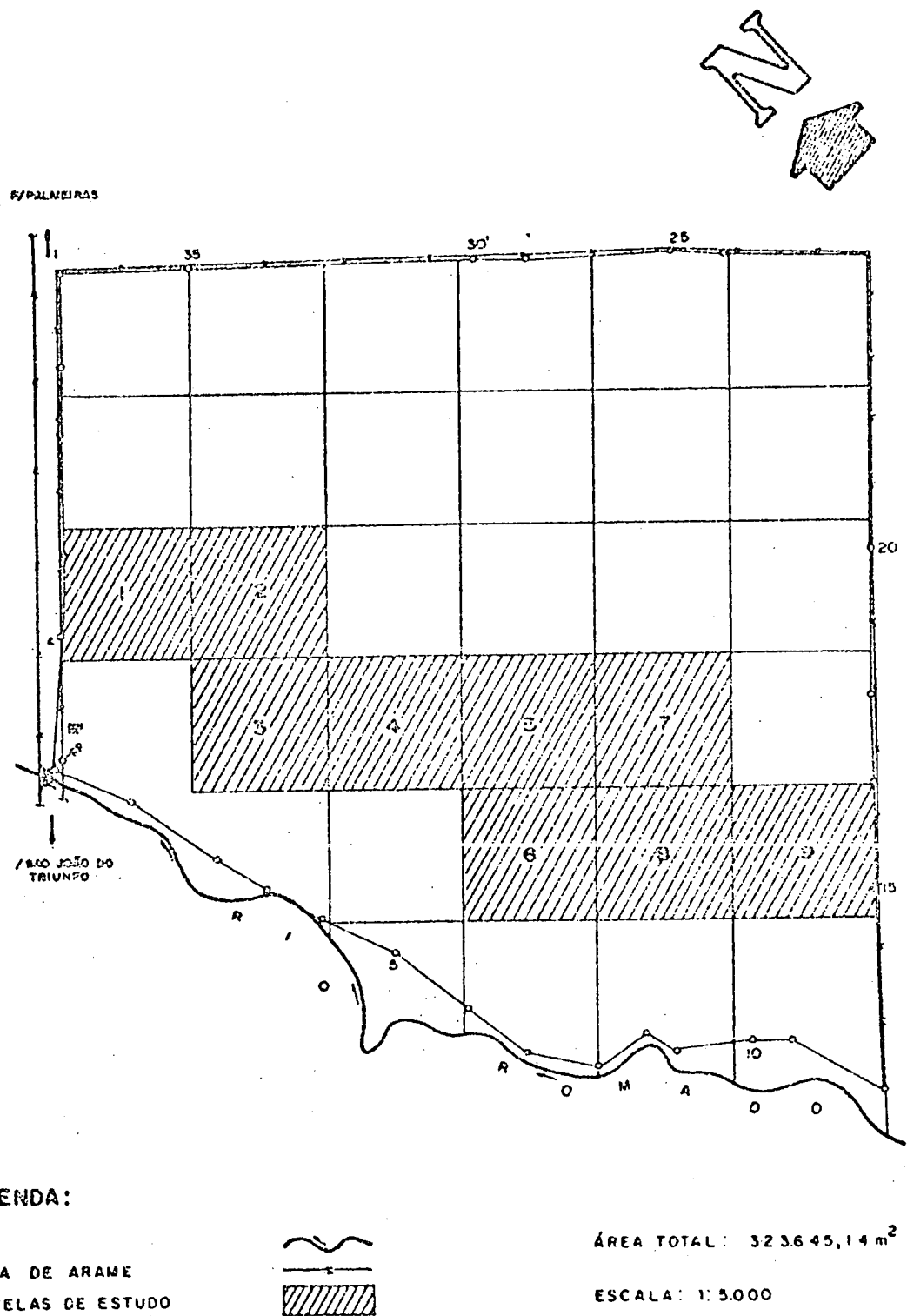


FIGURA Nº 03: Área de localização da amostragem.

tivas para o limite de erro de 10% e o nível de 95% de probabilidade.

### 3.3.3. AMOSTRAGEM DEFINITIVA

O número de amostras necessário calculado para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, novamente foi simulado sobre a área, obtendo-se, desta forma, os parâmetros básicos para o cálculo da eficiência e custos das unidades amostrais testadas.

## 3.4. DELINEAMENTO DA METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DOS TEMPOS

### 3.4.1. DELINEAMENTO DAS FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRAS

Nas diversas pesquisas realizadas, pode-se encontrar o uso de diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, todas elas aplicadas de maneira apropriada com as características da população e de acordo com os objetivos dos estudos.

As formas das unidades de amostras comumente utilizadas nos inventários florestais são: circular, quadrada e retangular. As outras formas como: poligonal, triangular ou quadriláteros irregulares não são comumente usadas, devido a dificuldades de instalação e desvantagens no que se refere a aspectos de precisão, rendimentos e tomada de dados.



Feitas tais considerações, escolheu-se para o estudo as formas circulares, quadradas e retangulares, com os tamanhos 200, 400, 600, 800 e 1.000 m<sup>2</sup> (0,02; 0,04; 0,06; 0,08 e 0,1 ha). O quadro 01 mostra as formas e tamanhos de unidades de amostras com o cálculo dos lados e raios para a instalação.

QUADRO N° 01: Lados e raios das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra

TAMANHOS	FORMAS	CIRCULAR (Raios) (m)	QUADRADA (Lados) (m)	RETANGULAR (Lados) (m)
200 m <sup>2</sup>		7,98	14,14 x 14,14	10 x 20
400 m <sup>2</sup>		11,28	20 x 20	14,14 x 28,28
600 m <sup>2</sup>		13,82	24,49 x 24,49	17,32 x 34,64
800 m <sup>2</sup>		15,96	28,28 x 28,28	20 x 40
1000 m <sup>2</sup>		17,84	31,62 x 31,62	22,36 x 44,72

3.4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL USADO

A análise estatística dos tempos dispendidos na instalação e medição das unidades amostrais, foi feita utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, delineamento este que permitiu estudar a variação dos tempos em função das formas, dos tamanhos e das interações forma e tamanho. Foram utilizadas cinco repetições por tratamento, sendo que os tamanhos foram aplicados às parcelas e as formas às subparcelas. Desta forma, cada uma

das 25 parcelas correspondem a um dos cinco tamanhos escolhidos, e cada tamanho foi medido em três formas diferentes.

#### 3.4.3. LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO CAMPO

Da mesma maneira que na simulação da amostragem para a obtenção dos parâmetros dendrométricos, as parcelas foram localizadas no mapa para a coleta das informações do tempo. A localização no campo, foi feita, partindo-se de um ponto de referência definido, geralmente como o canto do talhão, correspondendo à origem das ordenadas e abcissas. O ponto central da amostra foi definido pelos valores de ordenada e abcissa.

Desta forma, localizaram-se todas as parcelas, colocando em cada centro geométrico uma estaca com a numeração e o tamanho da parcela a ser levantada. Em seguida, foram levantados os tempos necessários para instalação e medição da forma e o tamanho da parcela, cujo centro fora previamente sorteado.

#### 3.4.4. INSTRUMENTOS E MÉTODO DE CRONOMETRAGEM EMPREGADOS

##### a) INSTRUMENTOS

Para uma boa execução das medições, foram empregados cronômetros (HANHART) em perfeito funcionamento, formulários que facilitaram a tomada de dados sem perda de tempo com anotações supérfluas, já que todas as atividades parciais foram anotadas em colunas nos formulários. Também foram utilizadas pranchetas com correias de fixação, deixando as mãos livres

ao cronometrador para o perfeito manuseio do cronômetro, e fazer devidamente as anotações no formulário.

#### b) MÉTODO DE CRONOMETRAGEM

Foi utilizado o método de "Tempo Individual". Segundo STÖHR<sup>40</sup>, este método diferencia do método de tempo contínuo, com a característica de que o cronômetro é detido em cada ponto de medição. Após cada medição os ponteiros voltam à posição zero, ou seja, o tempo é cronometrado individualmente para cada atividade parcial, partindo de zero. Neste método não é necessário fazer subtrações, como no método de tempo contínuo para obter o tempo consumido por cada atividade parcial, pois ele já é o tempo líquido. Este método requer cronômetros bem mais sofisticados, pois os ponteiros devem voltar à posição zero e começar imediatamente a girar para medir o tempo da atividade seguinte.

Assim mesmo, o método pode ser aplicado de duas formas distintas:

a) anotando as atividades com seus respectivos tempos na seqüência que vão sendo registrados e

c) em colunas pré-estabelecidas num formulário previamente preparado para tal fim.

#### 3.4.5. TREINAMENTO DA EQUIPE

Antes de fazer qualquer medição nas parcelas, a equipe foi treinada durante dois dias seguidos para familiarizar-se com a cronometragem e adquirir maior precisão na medição dos tempos, principalmente para evitar qualquer tipo de subjetividade na tomada das informações.

### 3.4.6. INSTALAÇÃO DAS PARCELAS E MEDIÇÃO DOS TEMPOS

Tendo em vista que o rendimento físico das pessoas varia durante o dia, motivado pelo clima, cansaço e outros fatores, para cada centro geométrico da parcela foi feito um sorteio da forma e do tamanho a serem medidos nesse instante, a fim de que todas elas estivessem submetidas à mesma influência dos fatores mencionados.

Das formas de parcela em estudo, a circular apresenta certa particularidade na sua instalação, em relação às formas quadradas e retangulares, ou seja, ela é definida somente por uma dimensão: o raio.

#### 3.4.6.1. TEMPO DE INSTALAÇÃO

##### a) FORMA CIRCULAR

Localizado o centro geométrico da parcela, as quatro pessoas ligaram o cronômetro que estava na posição zero. Em seguida, partiram opostamente, abrindo as picadas para a instalação dos raios. No ponto final da dimensão do raio inseriram uma estaca de 1,50 metros de comprimento por 6 cm de diâmetro, pintada na ponta com tinta de cor vermelha para facilitar a visualização do limite da parcela e as árvores que a ela pertenciam. As estacas foram em número de oito, para todas as formas e tamanhos de parcelas. No caso da forma circular, os ângulos entre os raios consecutivos têm um valor de  $45^{\circ}$ . Quando ocorria dúvida se uma árvore pertencia ou não à parcela, duas pessoas procediam a verificação com a trena. Após colocada a última estaca, todos paravam a marcha

do relógio e o chefe da equipe registrava o tempo gasto na instalação dessa amostra.

#### b) FORMAS QUADRADA E RETANGULAR

Da mesma maneira como se procedeu na instalação da amostra circular, começou-se ligando o cronômetro no momento que partia a equipe abrindo a primeira picada em ângulo de  $90^{\circ}$  com a abcissa imaginária da área, até alcançar a metade do lado da parcela, colocando neste ponto a primeira estaca. Logo abriam-se picadas por ambos os lados da primeira estaca em ângulo de  $90^{\circ}$  com a ordenada imaginária da área. Alcançada a metade das dimensões dos lados, instalaram-se mais duas estacas. Em seguida, destes últimos pontos instalados traçaram-se as diagonais, calculadas previamente, (ver quadro 02) passando pelo centro da amostra. Nos extremos das mesmas colocaram-se mais duas estacas. As outras três estacas que sobraram foram alinhadas com as estacas-base instaladas. O cronômetro foi parado no alinhamento da última estaca. Com isto facilitou-se a instalação das amostras e também evitaram-se os erros de fechamento das parcelas.

QUADRO Nº 02: Diagonais calculadas para os diferentes tamanhos das parcelas quadradas e retangulares

FORMAS TAMANHOS	QUADRADA (diagonais) (m)	RETANGULAR (diagonais) (m)
200 m	19,99	22,36
400	28,28	31,62
600	34,63	38,73
800	39,99	44,62
1.000	44,72	49,99

#### 3.4.6.2. TEMPO DE MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS DAP, ALTURA TOTAL, ALTURA COMERCIAL

Após realizada a instalação de cada parcela, procedeu-se a coleta dos tempos gastos na medição das variáveis DAP, altura total e altura comercial. Três pessoas fizeram essas tarefas e o chefe da equipe anotou os tempos marcados por cada uma das pessoas durante a atividade.

#### 3.4.6.3. TEMPO DE CAMINHAMENTO

Para se estimar o tempo de caminhada foi calculada a velocidade média em metros percorridos por minuto, usando-se a fórmula:

$$e = V.t$$

Onde:

e = distância (metros)

V = velocidade média (metros por minuto)

t = tempo (minutos)

### 3.5. METODOLOGIAS PARA A ANÁLISE

Apresentam-se, no presente item, as metodologias para as diferentes análises previstas.

#### 3.5.1. METODOLOGIA PARA O ESTUDO DA EFICIÊNCIA RELATIVA

Para se estabelecer comparações entre as diferentes

formas e tamanhos de unidades de amostras e verificar a eficiência de cada uma delas, seguiu-se o procedimento recomendado por MESAVAGE & GROSENBAUGH<sup>24</sup>, para tal fim:

a) Levantou-se uma série de unidades de amostras concêntricas de diferentes formas e tamanhos.

b) Calculou-se para cada unidade de amostras: volume, média, desvio-padrão da média, coeficiente de variação, erro-padrão em percentagem da média.

c) Foi calculado o número necessário de amostras para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra com a precisão de 10% e o nível de 95% de probabilidade.

d) Calculou-se o tempo de levantamento requerido para cada tipo de unidade de amostra.

e) Finalmente, comparou-se a eficiência das unidades de amostra em relação à de menor tamanho, no caso a de 200 m<sup>2</sup> de forma circular.

As fórmulas utilizadas para a comparação são as seguintes:

$$E = \frac{[(CV)_1^2/n_1] T_1}{[(CV)_2^2/n_2] T_2}$$

Onde:

E = eficiência comparativa

(CV.)<sub>1</sub>, n<sub>1</sub> e T<sub>1</sub> são, respectivamente, coeficiente de variação, número de amostras e tempo necessário para o levantamento e caminhamento da menor unidade de amostra.

(CV.)<sub>2</sub>, n<sub>2</sub> e T<sub>2</sub>, são o coeficiente de variação, o nú-

mero de amostras e o tempo necessário para qualquer dos outros tamanhos de unidades de amostra.

Fórmula proposta por HUSCH<sup>19</sup>:

$$E = \frac{(\bar{Sx})_1^2 \cdot T1}{(\bar{Sx})_2^2 \cdot T2}$$

Onde:

$\bar{Sx}$  = erro-padrão da média em percentagem

$$(\bar{Sx})_1^2 = (CV.)_1^2 / n1 \text{ e}$$

$$(\bar{Sx})_2^2 = (CV.)_2^2 / n2$$

T1 e T2 = tempo

No cálculo da eficiência relativa entre as unidades foi utilizada a última fórmula proposta. Como se pode comprovar, daria os mesmos resultados que a primeira, porém mais simplificada.

### 3.5.2. METODOLOGIA PARA A COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE AS DIFERENTES FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRA

A comparação dos tempos levantados para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra foi feita através do delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas.

Segundo STEEL & TORRIE<sup>39</sup>, o uso deste tipo de delinea-



mento se justifica quando se deseja dar mais ênfase ao estudo de um dos fatores e sua interação. Esta situação ocorreu no presente estudo, pois maior ênfase foi dada ao estudo das formas, dada a vasta bibliografia quanto ao tamanho.

O modelo matemático do delineamento é:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + E_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + E_{ijk}$$

Onde:

$\alpha_i$  = efeito da parcela

$E_{ij}$  = erro da parcela

$\beta_k$  = efeito da subparcela

$(\alpha\beta)_{ik}$  = efeito da interação parcela/subparcela

$E_{ijk}$  = erro da subparcela

sendo:

Parcelas = tamanhos (200, 400, 600, 800, 1.000 m<sup>2</sup>) -  
- a<sub>1</sub>; a<sub>2</sub>; a<sub>3</sub>; a<sub>4</sub>; a<sub>5</sub>.

Sub-parcelas = formas (circular, quadrada, retangular)-  
- b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>.

### 3.5.3. CRITÉRIOS PARA O ESTABELECIMENTO DAS REGRESSÕES DOS TEMPOS

A regressão constitui um procedimento estatístico de grande aplicação na solução dos problemas florestais, principalmente quando o interesse é a obtenção de estimativas paramétricas da floresta com mínimo de tempo e custo.

Segundo BRENA, SILVA e SCHNEIDER<sup>2</sup>, três aspectos es-

tatísticos importantes devem ser considerados no uso de equações de regressão. O primeiro diz respeito ao planejamento do ensaio para a coleta de dados, que consiste em distribuir um certo número de amostras a fim de se obter uma boa precisão. O segundo aspecto relaciona-se com a escolha da melhor equação de regressão. O terceiro aspecto refere-se à verificação das condições a serem cumpridas para a análise de regressão, que são as seguintes:

- 1) Homogeneidade de variância.
- 2) Independência dos resíduos.
- 3) Normalidade dos resíduos.

No presente estudo foi distribuído, na população, o número de amostras necessárias para se alcançar uma boa precisão.

A equação escolhida para se estimar os tempos de instalação, medição do DAP, altura total e altura comercial para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, foi o modelo matemático linear simples:

$$Y = b_0 + b_1X$$

Onde:

Y = tempo médio estimado

b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> = coeficientes

X = tamanho da unidade de amostra

O modelo foi utilizado pelo fato de que, ao serem ajustados os dados mediante uma regressão polinomial de sexto grau, o primeiro grau, ou seja, o da linha reta foi aquele que ajustou melhor os dados.

Esta equação foi utilizada no trabalho de SILVA<sup>35</sup>, on-

de mostrou sua eficiência na estimativa do tempo de medição das parcelas.

Os testes estatísticos usados para verificar a homogeneidade de variância foi o critério de Bartlett; para a normalidade, foi o teste de Kolmogorov-Smirnov e para a independência, a prova de Durbin Watson.

#### 3.5.4. METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DOS CUSTOS TOTAIS POR ÁREA

Para o cálculo dos custos totais por área (tempos) foi estabelecida inicialmente a regressão entre o tamanho da unidade de amostra (X) e o coeficiente de variação dos volumes (Y).

Utilizou-se a equação logarítmica proposta por PELLICO<sup>28</sup> e SILVA<sup>35</sup>, onde o coeficiente de variação é uma função direta da área.

$$\log CV = \log b_0 + b_1 \log A$$

Onde:

$b_0$  e  $b_1$  = constantes a determinar

A = área individual da parcela de amostra

CV = coeficiente de variação

Calculou-se, em seguida, o "n" necessário para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, com a fórmula comum para o cálculo de "n", sendo que o coeficiente de variação foi substituído pela equação logarítmica.

Fórmula inicial:

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV.)^2}{E^2 + \frac{t^2 \cdot (CV.)^2}{N}}$$

Fórmula transformada:

$$n = \frac{t^2 \cdot (\log b_0 + b_1 \log A)^2}{E^2 + \frac{t^2 \cdot (\log b_0 + b_1 \log A)^2}{N}}$$

Onde:

n = número de amostras necessário em função indireta da área

t = valor tabelar

E = limite de erro  $(0,1 \cdot \bar{X})^2$

N = número total de amostras na população

Finalmente, foi calculado o custo total (tempo) das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra em função da área, segundo a indicação de LOETSCH & HALLER<sup>25</sup>:

$$TT = n(\bar{t}_c + \bar{t}_I + \bar{t}_M)$$

Onde:

TT = tempo total

n = número de amostras necessário

$\bar{t}_c$  = tempo médio de caminhamento

$\bar{t}_I$  = tempo médio de instalação

$\bar{t}_M$  = tempo médio de medição

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA

Os dados levantados na população foram gravados em fitas magnéticas e processados para os cálculos dos volumes, tanto para a Araucaria como também para as folhosas, utilizando-se as equações de volume, testados no Inventário do Pinheiro no Sul do Brasil<sup>7</sup>.

O cômputo dos dados foi realizado no computador eletrônico HEWLETT-PACKARD 9830A CALCULATOR, linguagem BASIC, modelo 30, da disciplina de Manejo Florestal do Departamento de Silvicultura e Manejo da UFPR.

Seguindo a metodologia proposta por MESAVAGE & GROSENBAUGH<sup>23</sup>, uma vez que foram obtidos os volumes para as unidades de amostra de diferentes formas e tamanhos, procedeu-se o cálculo da média, desvio-padrão, erro-padrão para cada tipo de unidade de amostra.

Com referência ao número de amostras ou intensidade de amostragem a ser aplicada, depende de muitos fatores que envolvem considerações econômicas em relação ao grau de precisão almejado.

SPURR<sup>38</sup>, indica três características próprias da floresta que influenciam na eleição da intensidade de amostragem:

- a) o tamanho da área que vai ser amostrada;
- b) a variação natural das condições da floresta den-

tro de cada unidade de amostragem; e

c) o tamanho e o valor dos produtos que fornecem as árvores a serem amostradas.

Salienta, ainda, o mesmo autor que, para grandes áreas florestais, deverá ser medida somente uma pequena proporção das árvores para se obter uma boa estimativa do volume. Em contrapartida, para áreas pequenas, foi demonstrado que é necessária uma amostragem mais intensa, o que vem corroborar a teoria estatística.

Para o cálculo do número de amostras necessário para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, como já foi dito, utilizou-se um limite de erro de 10% e um nível de 95% de probabilidade, para estimar o volume comercial da floresta.

O cálculo dos "n" necessários foi processado de acordo com a metodologia citada com a devida correção para população finita, cujos resultados encontram-se no Quadro nº 03.

QUADRO Nº 03: Forma, tamanho, número de amostras empregado para o cálculo da eficiência relativa

FORMA	TAMANHO (em m <sup>2</sup> )	NÚMERO DE AMOSTRAS NECESSÁRIO
Circular	200	135
Circular	400	69
Circular	600	43
Circular	800	29
Circular	1.000	24
-----		
Quadrada	200	120
Quadrada	400	62
Quadrada	600	46
Quadrada	800	32
Quadrada	1.000	23
-----		
Retangular	200	166
Retangular	400	62
Retangular	600	42
Retangular	800	30
Retangular	1.000	21

A distribuição das unidades de amostra apresentada no Quadro Nº 03 se fez da seguinte maneira:

No mapa-base da área foram localizados os centros geométricos das "n" amostras necessárias calculadas para cada forma e tamanho das unidades de amostras. Logo, estas mesmas formas e tamanhos foram desenhados em papel transparente com a finalidade de fazer coincidir o centro geométrico da amos-

tra desenhada, delimitando assim as áreas abrangidas pelas amostras. Uma vez delimitada a área da amostra, tomou-se o número das árvores contidas nela e colocaram-se os respectivos volumes, estabelecendo-se, desta forma, os somatórios dos volumes por unidade de amostra. Em seguida, calculou-se para cada forma e tamanho a média, desvio-padrão, erro-padrão em percentagem e o tempo requerido para o levantamento e caminhamento.

Com o erro-padrão da média obtido em percentagem e o tempo total para cada forma e tamanho de unidade de amostra, determinou-se a eficiência relativa, tomando como base de comparação as unidades de amostras circulares de  $200 \text{ m}^2$ .

#### a) TEMPO EMPREGADO

Para cada forma e tamanho de unidade de amostra foram levantados os seguintes tempos expressos em minutos:

1) TEMPO UNITÁRIO. Este tempo refere-se ao tempo médio por unidade de amostra. Divide-se em: a) tempo unitário de levantamento; é o tempo médio por unidade de amostra empregado para delimitar a unidade, medir e registrar as características quantitativas dentro da mesma. Para a sua determinação utilizaram-se as observações feitas nas respectivas repetições estabelecidas no delineamento experimental, calculando a sua média aritmética; b) tempo unitário de caminhamento; é o tempo médio empregado no deslocamento entre as unidades de amostra. Este tempo médio foi baseado em 50 medições de tempo, numa distância de 50 metros nos diferentes lugares da floresta, calculando-se, assim, uma velocidade média em metros por minuto. Esta velocidade foi utilizada pa-



ra calcular o tempo de caminhada para qualquer distância;  
c) tempo unitário total, é a soma do tempo unitário de levantamento da amostra mais o tempo unitário de caminhada.

2) TEMPO TOTAL. Refere-se ao tempo empregado no levantamento da amostragem. Para determiná-lo, multiplicou-se o número de amostras necessário de cada forma e tamanho de unidade pelo seu correspondente tempo unitário total.

Para unidades de amostra de diferentes formas e tamanhos, o tempo unitário de levantamento é independente da distância que possa existir entre elas. Assim, o tempo unitário de caminhada é diretamente proporcional à distância que existe entre as amostras.

Para a área de estudo, o número de amostras necessário variou em função da sua forma e tamanho.

A distância entre elas ficou determinada pela distribuição obtida na amostragem aleatória.

Medindo a distância percorrida para levantar as amostras e dividindo pela velocidade média calculada, obteve-se os tempos empregados para percorrer todas as amostras necessárias. Este tempo dividido entre o número de amostras necessário para cada forma e tamanho foi o tempo unitário de caminhada. Exemplo: para levantar as 135 amostras circulares de  $200\text{ m}^2$  foi necessário percorrer uma distância de 5.990,56 metros. Esta distância dividida pela velocidade média de 5,13, tem como resultado 1.167,75 minutos para o caminhada das 135 amostras, o que dá um tempo de 8,65 minutos por amostra. Segundo este procedimento determinou-se o tempo unitário de caminhada para todos os tamanhos de unidades de amostra.

No Quadro nº 04 pode-se verificar os tempos unitários de levantamento, caminhamento e totais para cada forma e tamanho de unidades de amostras, assim como o número de amostras necessário para cada uma delas. No mesmo quadro, apresenta-se também a proporção em que variaram os resultados em relação às unidades de amostras circulares de  $200 \text{ m}^2$ . Por exemplo: a superfície da unidade de amostra de  $1.000 \text{ m}^2$  é 5 vezes maior que a unidade de amostra de  $200 \text{ m}^2$ , mas a proporção do tempo unitário de levantamento para estes mesmos tamanhos de unidades de amostra é de 1:5,39.

Da mesma forma, pode-se observar nos demais casos.

O tempo total (número de amostras necessário por tempo unitário total) para cada uma das formas e tamanhos de unidades de amostras, apresenta-se no Quadro nº 05, indicando as diferenças com relação ao tempo total empregado nas unidades circulares de  $200 \text{ m}^2$ .

Os dados necessários para calcular a eficiência relativa de uma forma e tamanho de unidade de amostra, em relação à outra são a precisão e o custo. Neste caso, o custo foi expresso em tempo empregado e a precisão ficou expressa pelo erro-padrão em percentagem da média do volume de todas as árvores medidas, sem diferenciar grupos de espécies. Estes dados se encontram no Quadro nº 06.

Tomando-se como base as comparações entre unidades de amostra de menor tamanho, ou seja, as unidades de amostras circulares de  $200 \text{ m}^2$  e usando-se os valores do Quadro nº 06, na fórmula da eficiência relativa, foram obtidos os resultados que são apresentados no Quadro nº 07.

QUADRO Nº 04: Tempos unitários e totais para cada forma e tamanho de unidade de amostra e proporção que se verifica em tamanho e tempo

UNIDADES DE AMOSTRA				TEMPOS UNITÁRIOS EM MINUTOS					
FORMA	TAMANHO		NÚMERO	LEVANTAMENTO		CAMINHAMENTO		TOTAL	
	m <sup>2</sup>	PROPORÇÃO		MÍNIMO	PROPORÇÃO	MÍNIMO	PROPORÇÃO	MÍNIMO	PROPORÇÃO
CIRCULAR	200	1,00	135	9,92	1,00	8,65	1,00	18,57	1,00
"	400	2,00	69	20,54	2,07	10,01	1,16	30,55	1,65
"	600	3,00	43	33,54	3,38	11,13	1,29	44,67	2,41
"	800	4,00	29	45,55	4,59	13,70	1,58	59,25	3,19
"	1000	5,00	24	53,45	5,39	14,20	1,64	67,65	3,64
QUADRADA	200	1,00	120	16,50	1,66	8,99	1,04	25,49	1,37
"	400	2,00	62	28,21	2,84	10,85	1,25	39,06	2,10
"	600	3,00	46	43,95	4,43	11,03	1,28	54,98	2,96
"	800	4,00	32	58,19	5,87	13,10	1,51	71,29	3,84
"	1000	5,00	23	67,55	6,81	14,30	1,65	81,85	4,41
RETANGULAR	200	1,00	166	15,50	1,56	8,32	0,96	23,82	1,28
"	400	2,00	62	27,61	2,78	10,85	1,25	38,46	2,07
"	600	3,00	42	42,95	4,33	11,16	1,29	54,11	2,91
"	800	4,00	30	53,59	5,40	13,25	1,53	66,84	3,60
"	1000	5,00	21	68,85	6,94	14,45	1,67	83,30	4,49

QUADRO Nº 05: Tempo total empregado para cada forma e tamanho de unidade de amostra e diferença em relação à unidade de amostra circular de 200 m<sup>2</sup>.

FORMA	TAMANHO EM m <sup>2</sup>	NÚMERO DE AMOSTRAS	TEMPO TOTAL EM MINUTOS	DIFERENÇA EM MINUTOS
CIRCULAR	200	135	2.506,95	-
"	400	69	2.107,95	399
"	600	43	1.920,81	586,14
"	800	29	1.721,73	785,22
"	1.000	24	1.623,60	883,35
QUADRADA	200	120	3.058,80	551,85
"	400	62	2.421,72	85,23
"	600	46	2.529,08	22,13
"	800	32	2.281,28	225,67
"	1.000	23	1.882,55	624,40
RETANGULAR	200	166	3.954,12	1.447,17
"	400	62	2.384,52	122,43
"	600	42	2.272,62	234,33
"	800	30	2.002,20	504,75
"	1.000	21	1.749,30	757,65

QUADRO N° 06: Erro-padrão em percentagem e tempo total empregado em minutos, para cada forma e tamanho de unidade de amostra

FORMA	TAMANHO em m <sup>2</sup>	NÚMERO DE AMOSTRAS	ERRO-PADRÃO DA MÉDIA EM PERCENTAGEM	TEMPO TOTAL EM MINUTOS
CIRCULAR	200	135	4,464	2.506,95
"	400	69	5,030	2.107,95
"	600	43	4,678	1.920,81
"	800	29	4,802	1.721,73
"	1.000	24	3,954	1.623,60
QUADRADA	200	120	4,645	3.058,80
"	40	62	4,968	2.421,72
"	600	46	5,158	2.529,08
"	800	32	5,191	2.281,28
"	1.000	23	4,194	1.882,55
RETANGULAR	200	166	4,196	3.954,12
"	400	62	4,786	2.384,52
"	600	42	5,454	2.272,62
"	800	30	4,858	2.002,20
"	1.000	21	3,987	1.749,30

QUADRO Nº 07: Eficiência relativa das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra

FORMA	TAMANHO em m <sup>2</sup>	NÚMERO DE AMOSTRAS	EFICIÊNCIA	RELATIVA EM PERCENTAGEM
CIRCULAR	200	135	1,0000	100,00
"	400	69	0,9367	93,67
"	600	43	1,1885	118,85
"	800	29	1,2583	125,83
"	1.000	24	1,9681	196,81
QUADRADA	200	120	0,7570	75,70
"	400	62	0,8358	83,58
"	600	46	0,7425	74,25
"	800	32	0,8127	81,27
"	1.000	23	1,5087	150,87
RETANGULAR	200	166	0,7176	71,76
"	400	62	0,9146	91,46
"	600	42	0,7390	73,90
"	800	30	1,0572	105,72
"	1.000	21	1,7965	179,65

O maior ou menor tempo gasto no levantamento das unidades de amostra na floresta, depende da interrelação de vários fatores. Assim, temos a condição física e a experiência do pessoal de campo que se manifesta na lentidão ou rapidez para caminhar, e a sua capacidade para verificar as leituras nas medições feitas. O relevo influi de acordo com o grau de inclinação do terreno. A densidade do povoamento, a distribuição diamétrica e das alturas também tem grande influência, assim como a acessibilidade e a visibilidade devido à pouca ou muita ocorrência de sub-bosque. A jornada de trabalho, as horas do dia, a época do ano em que são feitos os trabalhos de campo podem afetar consideravelmente o rendimento por unidade de tempo das equipes de amostragem.

No estudo, os tempos unitários das unidades de amostra levantadas (Quadro 04) foram afetados em igual forma pelos fatores mencionados, já que as unidades foram medidas pelas mesmas pessoas, na mesma área e época.

Analizando os resultados do quadro 04 pode-se afirmar em termos gerais que os tempos por unidade de amostra não guardam uma relação igual à proporção entre os tamanhos. No entanto, pode-se dizer que à medida em que aumenta o tamanho da unidade de amostra, existe um aumento gradual nas proporções entre tamanho e tempo unitário de levantamento. Assim, para levantar uma superfície circular de  $1.000 \text{ m}^2$  precisa-se de cinco unidades circulares de  $200 \text{ m}^2$ , cujo tempo de levantamento é de 49,60 minutos ( $5 \times 9,92$ ), sendo que, para a unidade de amostra de  $1.000 \text{ m}^2$  é de 53,45 minutos.

Este incremento no tempo de levantamento das unidades de amostra de maior tamanho se explica pelos seguintes fatos:

No caso das unidades de amostra de forma circular o comprimento do raio tem grande influência no tempo empregado para delimitar as árvores que estão dentro ou fora do perímetro, porém quanto maior for a distância do centro geométrico ao perímetro, é menor o controle que se tem da mesma. Evidentemente isto implica num erro maior de estimativa a olho nu. Este fato pode ser explicado melhor, supondo que as condições florestais e topográficas sejam iguais num raio de 18 metros, frequentemente resultam dúvidas quanto às árvores que estão bem perto do limite da unidade de amostra. Neste caso, houve a necessidade de comprovação com a trena. Num raio de 10 m não ocorre a mesma coisa, já que a margem duvidosa é bem menor. Além disso, a abertura de picadas para a instalação dos raios de maior comprimento exigem um tempo maior.

Portanto, pode-se dizer que a um incremento no tamanho da unidade de amostra de forma circular, ocorre um incremento no tempo requerido para a sua delimitação. Foi constatado que, raios demasiadamente compridos não são práticos.

Com isto, pode-se afirmar que unidades de amostras circulares apresentam razoável desvantagem devido à dificuldade para se precisar os seus limites. No estudo a floresta apresentou boa visibilidade para a determinação dos limites das amostras, e a forma costumeira para delimitar estas unidades foi a de localizar o centro geométrico, dali medir os raios necessários conforme a existência do número das árvores duvidosas.

Comparando as proporções que existem entre os tamanhos e as proporções dos tempos unitários de levantamento nas unidades de amostras de forma quadrada e retangular, nota-se maior diferença que nas unidades de forma circular. O Quadro



Nº 04 mostra a necessidade de tempo de medição de quase 7 amostras de  $200 \text{ m}^2$  nas formas quadrada e retangular para levantar uma amostra de  $1.000 \text{ m}^2$  dos mesmos. Esta diferença é explicada pelas características próprias na delimitação destas unidades de amostras. Por exemplo é necessário maior número de operações na instalação.

Os resultados do quadro 04 referentes ao tempo unitário de levantamento, indicam que é possível levantar em menor tempo cinco unidades de amostra de forma circular de  $200 \text{ m}^2$  que uma unidade de amostra de forma quadrada ou retangular de  $1.000 \text{ m}^2$ .

O tempo unitário de caminamento depende da distribuição que se dá às unidades de amostra na floresta. Como foi definido no estudo, a distribuição foi feita seguindo o método aleatório. As proporções são apresentadas no quadro nº 04.

Como se pode observar, as proporções vão aumentando ligeiramente à medida em que aumenta o tamanho da unidade de amostra, porém o número de amostras necessário para cada forma e tamanho vai diminuindo, e como consequência, o tempo médio de caminamento torna-se cada vez maior.

No mesmo quadro 04 são apresentados os tempos unitários totais. Analisando-se estes tempos verifica-se que as diferenças individuais do tempo total requerido pelas diferentes formas e tamanhos, aparentemente parecem ser desprezíveis, mas se considerarmos que nos trabalhos de inventários com fins de exploração, na maioria dos casos, o número de unidades de amostras a serem levantadas é bem grande, consequentemente estas diferenças se tornam significativas.

De acordo com o tempo total empregado para medir o número necessário de amostras representativas da população de 9 ha, calculadas a 95% de probabilidade e com um limite de erro de 10%, pode-se afirmar que as unidades de maior tamanho relacionadas com as unidades circulares de  $200 \text{ m}^2$  são as que requerem menor tempo, e portanto, a sua aplicação demanda um menor custo.

Finalmente, o tempo ou custo de uma determinada forma e tamanho de unidade de amostra não é um elemento suficiente para se estabelecer conclusões, caso a precisão não seja especificada.

Comparando os erros-padrão de cada forma e tamanho de unidade de amostra (Quadro nº 06), observa-se que seus valores são bem semelhantes, com exceção das unidades de amostra de  $1.000 \text{ m}^2$  das três formas, onde o erro é menor. Esta semelhança nos erros se explica pelo fato de que o erro padrão depende do número de amostras da média e do desvio.

O conhecimento do custo (tempo) para cada forma e tamanho de unidade de amostra, expresso em minutos, e a precisão, expressa pelo erro-padrão da média em percentagem (Quadro nº 06), permite a determinação da melhor forma e tamanho, através do cálculo da eficiência relativa. Logicamente, a forma e o tamanho ótimo será aquele que apresentar uma maior eficiência relativa.

No Quadro nº 07, pode-se notar que as unidades de amostra circular de  $1.000 \text{ m}^2$  apresentam o valor 1,96, ou seja, 196% de eficiência. As outras formas e tamanhos de unidades de amostra possuem valores menores.

Concentrando a discussão nos resultados obtidos pelas

unidades de amostra circular de  $200 \text{ m}^2$  e pelas unidades de  $1.000 \text{ m}^2$ , pode-se observar que os últimos necessitaram de 883,35 minutos a menos (Quadro nº 05) e tiveram um erro-padrão menor, ou seja, 0,51% (Quadro nº 06). Estas diferenças em tempo e precisão foram as causas suficientes para que as unidades circulares de  $1.000 \text{ m}^2$  obtivessem 96% de eficiência a mais.

#### 4.2. ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS TEMPOS PARA AS DIFERENTES FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRA

##### a) CONDICIONANTES DA REGRESSÃO

Antes de se fazer qualquer análise de regressão para os tempos nas diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, primeiramente foram testados os três condicionantes da análise de regressão: a) homogeneidade de variância, b) normalidade dos resíduos e c) independência dos resíduos.

Quanto a estes testes existem diversos critérios citados pelos diferentes autores, no entanto, procurou-se utilizar os testes mais comuns. Assim, temos que, para verificar a homogeneidade de variância utilizou-se o critério de Bartlett ou teste de  $x^2$ . O  $x^2$  calculado mediante este critério para os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total e da medição da altura comercial nas diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra foram: 16,06; 23,57; 21,25 e 21,02, respectivamente, (Quadro 08). O valor de  $x^2$  tabelar foi de 23,68 ao nível de probabilidade de 95%. Observou-se que o  $x^2$  calculado sempre foi menor que o  $x^2$  tabelar, o que demonstra

que as variâncias são homogêneas.

Para se constatar a normalidade, dos mesmos dados usou-se o teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV. O valor de D calculado é de 0,215 para os tempos já mencionados. Estes resultados são apresentados no Quadro 09 no apêndice 02. O D tabelar é de 0,264. Com isto, prova-se que o D calculado é menor que o D tabelar, aceitando-se a hipótese de normalidade dos resíduos.

O processo estatístico adotado para verificar a independência dos resíduos foi o teste de DURBIN-WATSON, cujos resultados são apresentados no Quadro nº 10 no apêndice 02. Verificou-se que os valores calculados de d para os diferentes tempos, quando comparados com os valores tabelados não foram significativos, aceitando-se a hipótese da nulidade de que não há correlação em série e portanto, os Ei são independentes.

#### b) ANÁLISE DAS REGRESSÕES

Uma vez que foi comprovada a homogeneidade de variância nos dados, a independência e a normalidade dos valores residuais, foram estabelecidas as regressões dos tempos de instalação, medição do DAP, da altura total e da altura comercial com os tamanhos das unidades de amostra. Para estas regressões ajustou-se o modelo linear simples proposto por SILVA<sup>35</sup>.

$$Y = b_0 + b_1X$$

Onde:

Y = tempo

X = tamanho

Nos Quadros 11, 12, 13 e 14, são apresentadas as estimativas estatísticas da equação estudada para os diferentes tempos.

O modelo apresentou-se eficiente na estimativa dos tempos, do ponto de vista do coeficiente de determinação e do erro-padrão da estimativa.

#### 4.3. COMPARAÇÃO DOS TEMPOS DAS DIFERENTES FORMAS E TANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRA

Após a análise da regressão procurou-se constatar efetivamente, através de análise de variância dos diferentes tempos, a confirmação ou não daquelas tendências, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra.

##### a) TEMPO DE INSTALAÇÃO

A análise de variância dos tempos de instalação para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra apresentada no Quadro 15, apêndice 01, mostrou mediante a prova de F que entre os tamanhos existem diferenças significativas ao nível de 95% de probabilidade. O mesmo ocorreu com as três formas testadas. A interação tamanho e forma não foi significativa, o que indica que os fatores tamanho e forma são independentes. Os resultados das comparações de médias pelo teste de TUKEY aparecem no Quadro nº 16.

QUADRO Nº 11: REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE INSTALAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA UNIDADE DE AMOSTRA

EQUAÇÃO TESTADA	FORMA	TIPO	COEFICIENTES DA REGRESSÃO		ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	F	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	INTERVALO DE VALIDADE
			b0	b1					
Y=b0+b1X	CIRCULAR	ARITMÉTICA	58,90000001	0,7149	39,67	0,98	129,92	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
Y=b0+b1X	QUADRADA	ARITMÉTICA	343,72	1,0156	85,42	0,95	56,55	0,97	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
Y=b0+b1X	RETANGULAR	ARITMÉTICA	391,94	0,9377	98,76	0,92	36,06	0,96	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )

QUADRO Nº 12: REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE MEDIÇÃO DO DAP EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA UNIDADE DE AMOSTRA

EQUAÇÃO TESTADA	FORMA	TIPO	COEFICIENTES DA REGRESSÃO		ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	F	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	INTERVALO DE VALIDADE
			b0	b1					
$Y=b_0+b_1X$	CIRCULAR	ARITMÉTICA	-61,61999999	0,7471	25,18	0,99	352,01	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$Y=b_0+b_1X$	QUADRADA	ARITMÉTICA	-84,95999999	0,8706	38,55	0,99	204,01	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$Y=b_0+b_1X$	RETANGULAR	ARITMÉTICA	-107,2	0,8846	35,97	0,99	150,59	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )

QUADRO Nº 13: REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE MEDIÇÃO DA ALTURA TOTAL EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA UNIDADE DE AMOSTRA

EQUAÇÃO TESTADA	FORMA	TIPO	COEFICIENTES DA REGRESSÃO		ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	F	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	INTERVALO DE VALIDADE
			b0	b1					
$Y=b_0+b_1X$	CIRCULAR	ARITMÉTICA	-26,39999999	0,9464	50,21	0,99	142,12	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$Y=b_0+b_1X$	QUADRADA	ARITMÉTICA	-31,95999999	1,0398	70,62	0,97	86,72	0,98	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$Y=b_0+b_1X$	RETANGULAR	ARITMÉTICA	-88,45999999	1,0849	17,41	0,99	1552,43	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )



QUADRO Nº 14: REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE MEDIÇÃO DA ALTURA COMERCIAL EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA UNIDADE DE AMOSTRA

EQUAÇÃO TESTADA	FORMA	TIPO	COEFICIENTES DA REGRESSÃO		ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	F	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	INTERVALO DE VALIDADE
			b0	b1					
$Y=b_0+b_1X$	CIRCULAR	ARITMÉTICA	-32,35999999	0,954	52,85	0,98	130,32	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$Y=b_0+b_1X$	QUADRADA	ARITMÉTICA	-30,95999999	1,0356	73,48	0,96	79,45	0,98	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$Y=b_0+b_1X$	RETANGULAR	ARITMÉTICA	-82,93999999	1.0737	15,72	0,99	1865,80	0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )

QUADRO Nº 16: Teste de TUKEY para a comparação das médias dos tempos de instalação nos diferentes tamanhos de unidades de amostras

TAMANHOS DAS UNIDADES DE AMOSTRA (m2)	VARIÁVEL	
	TEMPO DE INSTLAÇÃO	
200	426,07	d
400	635,27	c
600	859,53	b
800	877,00	b
1.000	1.194,60	a
COMPARADOR:		W = 155,92

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY a 95% de probabilidade. O teste de TUKEY revelou que existem diferenças significativas entre todos os tamanhos com exceção dos tamanhos 800 e 600 m<sup>2</sup>, o que confirma a tendência mostrada pela equação de regressão, que os tempos mostram-se ligeiramente associados com os tamanhos.

No Quadro nº 17 apresentam-se os resultados das comparações de médias das três formas de unidades de amostras pelo teste de TUKEY.

QUADRO Nº 17: Teste de TUKEY para a comparação das médias dos tempos de instalação nas diferentes formas de unidades de amostras

FORMAS DAS UNIDADES DE AMOSTRA	VARIÁVEL	
	TEMPO DE INSTALAÇÃO	
CIRCULAR	487,84	b
QUADRADA	953,08	a
RETANGULAR	954,56	a
COMPARADOR:	W = 90,88	

Analizando as médias da forma retangular e quadrada estas não diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY a 95% de probabilidade, ou seja, não existe diferença significativa entre elas. A exceção se verifica na forma circular que é estatisticamente diferente das outras duas.

b) TEMPOS DE MEDIÇÃO DO DAP, ALTURA TOTAL, ALTURA COMERCIAL

Os resultados das análises de variância destes tempos para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, aparecem nos quadros 18, 19, 20 no Apêndice 01. Como se pode observar, detecta-se diferença significativa entre os tamanhos ao nível de 95% de probabilidade, mediante teste de F.

Entre as três formas testadas não verificou-se diferença significativa. A interação tamanho e forma não foi significativa, da mesma forma que no tempo de instalação, indicando novamente que os fatores tamanho e forma são indepen-

dentes. O teste de TUKEY para a comparação de médias consta no Quadro nº 21.

QUADRO Nº 21: Teste de TUKEY para a comparação das médias dos tempos de medição do DAP, altura total e altura comercial nos diferentes tamanhos de unidades de amostra.

TAMANHO DAS UNIDADES DE AMOSTRA (m <sup>2</sup> )	VARIÁVEIS					
	TEMPO DE MEDIÇÃO DO DAP		TEMPO DE ME- DIÇÃO DA AL- TURA TOTAL		TEMPO DE MEDIÇÃO DA ALTURA COMERCIAL	
200	98,13	c	158,53	d	155,40	d
400	224,73	c	332,80	cd	334,73	cd
600	404,20	b	573,47	bc	571,47	bc
800	615,33	a	825,93	ab	828,13	ab
1.000	736,93	a	935,67	a	929,80	a
COMPARADORES	W=168,65		W=292,46		W=295,97	

O teste de TUKEY a 95% de probabilidade revelou diferenças significativas entre a maioria dos tamanhos, sendo que os outros não diferem estatisticamente.

Analisando-se a tendência mostrada pelas equações de regressão pode-se notar que os tempos de medição apresentam-se ligeiramente associados com os tamanhos, assim como ocorreu com os tempos de instalação.

Os quadros gerais de teste de TUKEY para a comparação de médias dos tempos nas diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, aparecem no Apêndice 01.

#### 4.4. CUSTOS

##### 4.4.1. CUSTOS ESPECÍFICOS E TOTAIS POR ÁREA DAS DIFERENTES FORMAS E TAMANHOS DE UNIDADES DE AMOSTRA

Para o cálculo dos custos específicos e dos custos totais por área, primeiramente foi efetuada uma regressão entre o coeficiente de variação dos volumes, com os tamanhos para cada forma de unidade de amostra, uma vez que tal coeficiente é uma função do tamanho das parcelas. O modelo logarítmico ajustado às diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra mostrou ser eficiente na estimativa do coeficiente de variação, do ponto de vista do erro-padrão da estimativa e do coeficiente de determinação. Os resultados se apresentam no Quadro nº 22.

Nas figuras 16, 17 e 18 no Apêndice 04. ilustra-se a tendência do decréscimo do C.V. à medida em que aumenta a área nas três formas de unidades de amostras.

Obtidas as equações logarítmicas dos coeficientes de variação, calculou-se o número de amostras "n" necessário como uma função da área, os resultados aparecem no Quadro 23.

##### 4.4.1.1. CUSTOS ESPECÍFICOS POR ÁREA

Após o cálculo dos números de amostras em função da área procedeu-se o cálculo dos custos específicos por área (custo de instalação, custo de medição e custo de caminhamento), para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra. Estes custos são nada mais que os tempos médios es-

QUADRO N° 22: Regressão para estimativa do coeficiente de variação em função do tamanho das unidades de amostras

EQUAÇÃO TESTADA	FORMA	TIPO	COEFICIENTES DA REGRESSÃO		ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	F	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	INTEVALO DE VALIDADE
			b0	b1					
$\log CV = \log b_0 + b_1 \log A$	CIRCULAR	LOGARÍTMICA	1,238708585	-0,611664899	0,0497	0,94	46,08	-0,97	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$\log CV = \log b_0 + b_1 \log A$	QUADRADA	LOGARÍTMICA	0,984355418	-0,512222923	0,0679	0,85	17,32	-0,92	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$\log CV = \log b_0 + b_1 \log A$	RETANGULAR	LOGARÍTMICA	1,369144001	-0,657787301	0,0673	0,91	29,08	-0,95	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )

QUADRO N° 23: Número de amostras calculadas em função da área para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras

FORMA	TAMANHO (m <sup>2</sup> )	"n"
CIRCULAR	200	127
"	400	58
"	600	37
"	800	27
"	1.000	21
QUADRADA	200	118
"	400	59
"	600	40
"	800	30
"	1.000	24
RETANGULAR	200	137
"	400	60
"	600	37
"	800	27
"	1.000	21

timados pelas equações de regressão e multiplicados pelo número de amostras calculadas em função da área.

Revisando o Quadro nº 24, verifica-se que os custos de instalação total estão diretamente relacionados ao número de amostras calculado, sendo que os maiores custos são para as unidades de amostra de menor tamanho nas três formas respectivamente. Isto se explica porque as unidades de amostra de menor tamanho são multiplicadas por um maior número de amostras.

Também se pode observar que as unidades de amostras circulares representam um menor custo, já que na sua delimitação necessitaram de um menor tempo, por serem definidas por uma única dimensão: o raio.

No mesmo quadro aparecem os custos de medição (DAP + altura total + altura comercial). Nestes custos o número de árvores tem grande influência na diminuição ou aumento dos mesmos. Como se pode observar nas unidades de amostra de forma quadrada, os custos aumentaram com o aumento da área, e nas formas circulares e retangulares não se verificou esta tendência.

Os custos de caminhamento apresentam um comportamento decrescente bem notório à medida em que aumenta o tamanho da unidade de amostra.

Este custo é decisivo e de maior importância nos inventários de grandes áreas, com floresta densa e com pouca acessibilidade, como é o caso das florestas tropicais.



QUADRO Nº 24: Estimativa dos custos específicos por área, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras

UNIDADES DE AMOSTRA		TEMPO DE	DIFERENÇAS	TEMPO DE	DIFERENÇAS	TEMPO DE	DIFERENÇA
FORMA	TAMANHO (m2)	INSTALAÇÃO EM FUNÇÃO DA ÁREA	EM SEGUNDOS	MEDIÇÃO EM FUNÇÃO DA ÁREA	EM SEGUNDOS	CAMINHAMENTO EM FUNÇÃO DA ÁREA	EM SEGUNDOS
CIRCULAR	200	25.638,76	-	51.958,24	-	65.913,00	-
"	400	20.000,88	5.637,88	54.439,96	2.481,72	34.834,80	31.078,20
"	600	18.050,08	7.588,68	54.320,44	2.362,20	24.708,60	41.204,40
"	800	17.032,14	8.606,62	53.935,74	1.977,50	22.194,00	43.719,00
"	1.000	16.249,80	9.388,96	53.069,52	1.111,28	17.892,00	48.021,00
QUADRADA	200	64.527,12	-	52.075,76	-	63.649,20	-
"	400	44.247,64	20.279,48	60.800,68	8.724,92	38.409,00	25.240,20
"	600	38.123,20	26.403,92	64.788,80	12.713,04	26.472,00	37.177,20
"	800	34.686,00	29.841,12	66.267,60	14.191,84	23.580,00	40.069,20
"	1.000	32.623,68	31.903,44	67.154,88	15.079,12	20.592,00	43.057,20
RETANGULAR	200	79.388,76	-	45.215,48	-	68.390,40	-
"	400	46.021,20	33.367,56	56.320,80	11.105,32	39.060,00	29.330,40
"	600	35.218,72	44.070,04	57.250,84	12.035,36	24.775,20	43.615,20
"	800	30.836,70	48.552,06	58.210,92	12.995,44	21.465,00	46.925,40
"	1.000	27.922,44	51.466,32	58.056,60	12.841,12	18.207,00	50.183,40

a) EFETIVIDADE DOS CUSTOS ESPECÍFICOS POR ÁREA EM OITO HORAS DE TRABALHO POR DIA

O Quadro nº 25 mostra o número de amostras das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras que podem ser instaladas, medidas e caminhadas em oito horas de trabalho por dia. Mas na realidade esses números são relativos, já que na prática os tempos são computados em forma conjunta e o número de amostras totais levantadas por dia será bem menor.

4.4.1.2. CUSTOS TOTAIS POR ÁREA

Para o estabelecimento dos custos totais por área (tempos) das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, foram somados os custos específicos por área (tempos), e estes por sua vez foram multiplicados pelos respectivos números de amostras LOETSCH & HALLER<sup>26</sup>. Assim, os custos totais por área (tempos) ficaram como uma função não só da melhor dimensão, como também dos custos específicos e a intensidade de amostragem.

Para se estimar estes custos (tempos), ajustou-se o modelo logarítmico proposto por PÉLLICO<sup>28</sup>.

$$\log CT = \log b_0 + b_1 \log A$$

CT = custo total (tempos)

b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> = coeficientes de regressão

A = unidade de área (m<sup>2</sup>)

QUADRO Nº 25: Efetividade dos custos (tempós) específicos por área, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras

UNIDADES DE AMOSTRAS		EFETIVIDADE EM OITO	EFETIVIDADE EM OITO	EFETIVIDADE EM OI-
FORMA	TAMANHO (m2)	HORAS POR DIA DO TEM- PO DE INSTALAÇÃO	HORAS POR DIA DO TEM- PO DE MEDIÇÃO	TO HORAS POR DIA DO TEMPO DE CAMINHAMENTO
CIRCULAR	200	143	70	55
"	400	84	31	48
"	600	59	20	43
"	800	46	14	35
"	1.000	37	11	34
QUADRADA	200	53	65	53
"	400	38	28	44
"	600	30	18	44
"	800	25	13	37
"	1.000	21	10	34
RETANGULAR	200	50	87	58
"	400	38	31	44
"	600	30	19	43
"	800	25	13	36
"	1.000	22	10	33

O modelo foi eficiente na estimativa dos custos totais por área (tempos), do ponto de vista do erro-padrão da estimativa e do coeficiente de determinação.

No Quadro nº 26 são apresentadas as estimativas estatísticas da equação estudada para os custos totais por área das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras.

Analisando o Quadro nº 27 pode-se observar que à medida em que aumenta a área, os custos totais (tempos) vão assumindo uma função decrescente.

As figuras 19, 20 e 21, no Apêndice 04, mostraram que o incremento da área da unidade de amostra provocou um decréscimo no custo total e uma tendência de estagnação rápida.

O custo total (tempo) tenderia a aumentar caso fossem utilizadas amostras de maiores dimensões de tal forma que não seria possível o levantamento num único dia. A volta às amostras implicaria na duplicação do tempo de caminamento e conseqüentemente provocaria aumento no custo total (tempo).

#### a) OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS TOTAIS (TEMPOS)

O termo otimização foi tratado do ponto de vista da efectividade, ou seja, da capacidade operativa da equipe durante oito horas de trabalho por dia no levantamento das unidades de amostra. Assim, foi calculado o número de amostras das diferentes formas e tamanhos possíveis de serem medidos em oito horas, com base nas estimativas dos tempos totais estimados pela equação de regressão.

Analisando o Quadro nº 28 verifica-se que, em termos de efectividade, as unidades de amostra de forma circular são mais efetivas. Justifica-se este fato porque, na mesma jornada de trabalho é possível medir maior número de amostras.

QUADRO Nº 26: Regressão para estimativa dos custos totais por área para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras

EQUAÇÃO TESTADA	FORMA	TIPO	COEFICIENTES DA REGRESSÃO		ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	F	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	INTERVALO DE VALIDADE
			b0	b1					
$\log T = \log b_0 + b_1 \log A$	CIRCULAR	LOGARÍTMICA	5,84774055	-0,305230803	0,0145	0,98	131,66	-0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$\log T = \log b_0 + b_1 \log A$	QUADRADA	LOGARÍTMICA	5,826611048	-0,25270032	0,0139	0,97	100,93	-0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )
$\log T = \log b_0 + b_1 \log A$	RETANGULAR	LOGARÍTMICA	6,171099363	-0,38933171	0,0162	0,98	176,03	-0,99	(200 a 1000 m <sup>2</sup> )

QUADRO Nº 27: Custos totais por área das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras

UNIDADES DE AMOSTRAS		TEMPOS TOTAIS POR ÁREA EM SEGUNDOS
FORMA	TAMANHO (m <sup>2</sup> )	
CIRCULAR	200	139.763,99
"	400	113.112,78
"	600	99.945,49
"	800	91.543,62
"	1.000	85.516,15
QUADRADA	200	175.849,05
"	400	147.595,32
"	600	133.220,59
"	800	123.879,45
"	1.000	117.087,38
RETANGULAR	200	188.467,05
"	400	143.891,42
"	600	122.878,81
"	800	109.858,68
"	1.000	100.717,34

QUADRO Nº 28: Efetividade dos custos totais por área em oito horas de jornada por dia, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras

FORMA	TAMANHO (m <sup>2</sup> )	EFETIVIDADE EM OITO HORAS POR DIA DO TEM- PO TOTAL	DIFERENÇA EM NÚMERO DE A- MOSTRAS
CIRCULAR	200	26	-
"	400	15	9
"	600	11	15
"	800	8	18
"	1.000	7	19
QUADRADA	200	19	7
"	400	12	14
"	600	9	17
"	800	7	19
"	1.000	6	20
RETANGULAR	200	21	5
"	400	12	14
"	600	9	17
"	80	7	19
"	1.000	6	20

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

a) Utilizando-se um mesmo limite de erro (10%) e o mesmo nível de probabilidade (95%) para todas as formas e tamanhos de unidades de amostras, as unidades de 1.000 m<sup>2</sup> foram as que apresentaram maior eficiência relativa. A forma circular apresentou maior eficiência que as outras, ou seja, 45,94% mais que a quadrada e 17,16% mais que a retangular.

b) Analisando-se os custos de instalação (tempos) das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, através da análise de variância e o teste de TUKEY, encontrou-se diferença significativa entre as formas e tamanhos.

c) A interação tamanho e forma não foi significativa, indicando que estes fatores são independentes.

d) A análise de variância e o teste de TUKEY para os custos (tempos) de medição do DAP, altura total e altura comercial ao mesmo nível de probabilidade (95%), revelaram diferença significativa apenas entre os diferentes tamanhos de unidades de amostra. Não foi constatada diferença significativa entre as formas e também na interação forma e tamanho. Isto permite concluir que a variação dos custos (tempos) de medições das variáveis dentro de cada uma das formas, depende principalmente do grau de acessibilidade da floresta e do número de árvores encontradas na unidade de amostra. No en-



tanto, as características para cada uma das três formas foram as mesmas.

e) A utilização dos testes de condicionantes da regressão provaram a homogeneidade dos dados, a normalidade e a independência dos resíduos.

f) A equação da reta  $Y = b_0 + b_1X$  aplicada como modelo de regressão aos tempos de instalação, medição do DAP., medição da altura total e medição da altura comercial, em função dos tamanhos das unidades de amostra, provou ser suficiente na estimativa destes tempos, para as três formas.

g) A equação logarítmica  $\log y = \log b_0 + b_1 \log X$ , igualmente à equação da reta, demonstrou ser adequada para a estimativa do coeficiente de variação e dos custos totais (tempos).

h) Entre os cinco tamanhos de amostras, verificou-se que as menores requereram menor custo (tempo) de levantamento.

i) Em condições de floresta nativa de Araucaria com boa visibilidade e acesso, dentre as três formas de amostras constatou-se que as circulares requereram menor custo (tempo) de levantamento.

j) Em função da amostragem, nas três formas de unidade de amostra, o custo (tempo) de caminhamento decresce conforme aumenta o tamanho. Isto permite concluir que as unidades de amostra de maior tamanho requerem menor frequência de

caminhamento.

k) Comparando-se os custos totais (tempos) na amostragem, entre as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, as de forma circular apresentaram menor custo, sendo que as amostras de 1.000 m<sup>2</sup> de tamanho foram as mais econômicas. Quanto à efetividade de trabalho, considerando os custos totais da amostragem, as unidades de amostra de forma circular tiveram um melhor rendimento que as de forma quadrada e retangular e a amostra do tamanho de 1.000 m<sup>2</sup> com forma circular foi a mais efetiva entre todas, consideradas as condicionantes de boa visibilidade e acesso da floresta nativa de araucaria em estudo.

l) As equações de regressão utilizadas no estudo são válidas apenas para intervalos pequenos e para florestas muito homogêneas e de fácil acesso.

m) Recomenda-se o uso das unidades de amostras de 1.000 m<sup>2</sup> de forma circular, para populações que apresentem as mesmas características da população estudada, ou seja, com topografia plana, boa acessibilidade e visibilidade.

n) A efetividade calculada para os custos totais pode servir para se comparar com resultados de estudos similares, assim como para a planificação dos inventários florestais em populações semelhantes.

## 6. RESUMO

O objetivo principal da presente pesquisa foi estudar a eficiência relativa e os custos das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras. Para tal fim, selecionou-se um povoamento de 9 ha na fazenda experimental pertencente à Escola de Florestas, no Município de São João do Triunfo, Estado do Paraná.

No referido povoamento fez-se um inventário total, numerando todas as árvores encontradas para facilitar o mapeamento e a elaboração da planta básica da área. Para as medições dendrométricas foram consideradas Araucarias a partir de 10 cm de DAP e as folhosas a partir de 20 cm.

Segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, levantaram-se 75 unidades de amostras, ou seja, 5 repetições por tratamento, sendo que os tamanhos foram aplicados às parcelas e as formas às subparcelas. Desta forma, cada uma das 25 parcelas corresponde a um dos cinco tamanhos escolhidos e cada tamanho foi medido em três formas diferentes.

Em cada unidade de amostra foram registrados os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total e medição da altura comercial.

Para a obtenção dos parâmetros dendrométricos por amostra, primeiramente foram calculados os números de amostras necessário ao nível de probabilidade de 95% e o limite de erro de 10%. Seguidamente se fez a simulação da amostragem aleatória sobre a planta básica.

Em cada unidade de amostra foram registrados os números correspondentes das árvores e colocou-se o volume estimado para cada uma delas. O registro foi feito através dos desenhos das unidades sobre um papel transparente.

Para o cálculo da eficiência relativa foram calculados a média volumétrica por unidade de amostra, o desvio-padrão e o erro-padrão, segundo a recomendação de MESAVAGE & GROSENBAUGH<sup>23</sup>.

Com o tempo dispendido e o erro-padrão em percentagem foi calculada a eficiência relativa das diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras. As unidades circulares, quadradas e retangulares de  $1.000 \text{ m}^2$  foram as mais eficientes, e entre elas a melhor foi a circular.

Para o cálculo dos custos totais por área, primeiramente foram calculados os números de amostras necessários para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras em função da área, sendo necessário o estabelecimento da regressão logarítmica entre o coeficiente de variação e o tamanho da área. Esta equação foi introduzida na fórmula de número de amostras "n". Com os "n" necessários e os tempos médios estimados através da equação de uma reta, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, foi calculado o custo total, que por sua vez foi estimado através de uma equação logarítmica.

Através da estimativa dos custos totais, verificou-se que as unidades de amostras circulares de  $1.000 \text{ m}^2$ , foram as que apresentaram um menor custo total por área.

Também foi calculada a efetividade em oito horas de trabalho por dia para se levantar um certo número de amos-

tras, encontrando-se novamente que as unidades de amostras  
circulares de  $1.000 \text{ m}^2$  foram as mais efetivas.

## SUMMARY

The main objective of the present research was to study relative efficiency and cost of different shapes and sizes of sample plots. The University of Paraná 9 ha experimental farm, located in the county of São João do Triundo, State of Paraná, was chosen to carry out this research Work.

In the referred stand a total inventory was drawn up, and all trees were numbered, to facilitate the mapping and the completion of a basic plant of the area. All Araucarias trees with DBH and equal or above, 10 cm, and all broad leaf trees with 20 cm DBH and above, were measured.

According to the experimental design which was completely randomized with subdivided plots, 75 sample units were chosen, at all, with 5 repetitions per treatment. The various sizes were applied to the plots and the shapes were applied to the subplots. Thus, each of the 25 plots corresponds to one of the 5 chosen sizes, and each size was measured in three different shapes.

The time for installation, for the measurement of DBH, and of total and commercial height, were recorded for each sample unit.

To obtain the dendrometric parameters for each sample, first of all, were calculated the numbers of sample units necessary for a probability level of 95% and an error limit of 10%. Consequently the simulation of randomized samples on the basic map was performed.

In each sample unit the numbers of the trees were registered, and the estimated volume for each tree was recorded. Registration was made through drawings of the units on transparent paper.

The relative efficiency of the different shapes and sizes of sample units was calculated with the time spent and the standard error in percentage. The most efficient ones were the circular, square and rectangular units of 1.000 m<sup>2</sup>, being the circular unit the best.

For calculation of total costs per area first were calculated the numbers of sample units necessary for the different shapes and sizes of unit, in function of the area; it was necessary to establish the logarithmic regression between the coefficient of variation and the size of the area. This equation was applied to the formula of number of samples "n". With the "n"s necessary and the average times, estimated through a linear equation, for the different shapes and sizes of sample units, the total costs were estimated by a logarithmic equation.

With the estimation of the total costs it was proved that the circular units of 1.000 m<sup>2</sup> were the ones that presented the lowest total cost per area.

There was also calculated the effectivity within eight hours of work per day, to survey a certain number of samples, with the result that again the circular units of 1.000 m<sup>2</sup> were the most effective ones.

## LITERATURA CITADA

1. AMARAL, D.L. Eficiência relativa de alguns métodos de estimação de volume. Turrialba, IICA, 1970. 82 p. (Tese de Mestrado).
2. BRENA, D.A., SILVA, J.N.M. e SCHNEIDER. Metodologia para verificação das condicionantes da análise de Regressão. Floresta (2):25-45. Vol. IX. Curitiba. 1978.
3. BRYAN, M.B. A simplifical method of correting for slopen circular sample plots. J. For., 54: 442-445, 1956.
4. CASTILLO, S.J. Ensayo para determinar la eficiencia comparativa de sitios de muestreo en bosques de clima templado y frio. México 1964. (Tese profissional).
5. COCHRAN, W.G. Sampling techniques, 2. ed. New York, John Wiley, 1964, 155 p.
6. CONVENIO C.P.F. da UFPR. F. Zoobotânica do D.F. Inventário Florestal do Distrito Federal. Curitiba, 1972. 198 p.
7. CONVÊNIO FUPEF DO PR - IBDF. Inventário Florestal do Pinheiro do Sul do Brasil. Curitiba, 1978. 327 p.
8. CUNIA, T. Dummy variables and some of their uses in regression analysis. In: IUFRO, Subject Group S4.02, Nancy, 1973. Proceedings. Syracuse, Colege of Environmental Sciense and forest, 1973. V. 1. p. 1 -146.
9. Weighted least Squares method and construction of volume tables. For. Sci., 1963. p. 180-91.
10. DAUBER, E. Input-output - Modelle zur Kosten minimierung von Stichprobenverfahren bei Waldinventuren, Allgemeine Forst Zeitschrift, R.F.A., 6:112-113, 1971.
11. DIREÇÃO GERAL DOS SERVIÇOS FLORESTAIS E AGRÍCOLAS. Inventário Florestal. Lisboa, 1968. 49 p.
12. FRAYER, W.E. Assumptions of regression. In: Colorado State University. College of Forestry and Natural Resources Department of forest and Wood Sciēncies. Proceeding: regression methods in forest research. Forest Collins, 1971. p. 29-35.



13. FREESE, F. Elementary forest Sampling. Washington, U.S. Forest Service, 1962. 91 p. (Agriculture handbook, 232).
14. ——— Linear regression method for forest research U.S. For. Serv. Res. Paper FPL-17, 1964.
15. FUENTES, J.V. & DELOYA, M.C. Actividades y Proyección del inventário forestal en México. México y sus bosques, enero/febrero, 1963. p. 41-46.
16. GMURMAN, V.E. Problemas de la teoría de las probabilidades y de estadística matemática. URSS, Mir, 1975. 374 p.
17. GOMES, A.M. de A. Medição dos arvoredos. Lisboa, Livraria Sá da Costa, 1957. 413 p.
18. HUSCH, B. Forest Mensuration and estatistics. New York, Ronald Press, 1963. 125-175 p.
19. ——— Planning a forest inventory. Roma, FAO, 1971. 120p.
20. JOHNSTON, J. Métodos Econométricos. Editora Atlas S. A. - São Paulo, 1971. 318 p.
21. MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Papelaria Max Roesner. Ltda. Curitiba, 1968. 350 p.
22. MERRIL, W.C. & FOX, K.A. Estatística Econômica (uma Introdução). Editora Atlas. São Paulo, 1977. 738p.
23. MESAVAGE. C. & GROSENBAUGH, L.R. Efficiency of Several Cruising designs of small tracts in North Arkansas. J. For., 3 (9): 569-576, 1956.
24. LÖETSCH, F. & HALLER, K.E. Forest inventory. München, B.L.V., 1973 - 436 p. V.1.
25. LÖETSCH, F. Report to the Government of Tailand on Inventory methods for tropical forests. Part. 1 Rome, FAO, 1957. 49 p. (FAO Report).
26. ——— Application of mean tariffs. for the further development of forest management of the plantation forest. Roma, FAO, 1960. 139 p.
27. OGAYA, N. Sobre a influência del tamanho de las parcelas en los errores de muestreo en inventários forestales tropicales. Mérida, Univeridad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Centro de Estudios Forestales de Post-Grado, Instituto de Silvicultura, 1977. —153 p.
28. PÉLLICO NETTO, S. Die Forstinventuren in Brasilien. Neue Entwicklungen und ihr Beitrag für eine geregelte Forstwirtschaft, Mitteilungen aus dem Arbeitskreis für Forstliche Biometrie, Freiburg, R.F.A., 1979, 232p. (Tese de Doutorado).

29. PETERS, W.S. & SUMMERS, G.W. Análise Estatística e processo decisório. Editora da Universidade de São Paulo. Rio de Janeiro - RJ - 1973. 683 p.
30. PAEZ BOGARIN, A.G. Estudios sobre tamaño y forma de parcelas para ensayos em café. Turrialba, IICA, 1962. 114 p. (Tese de mestrado).
31. PEARCE, S.C. Field experimentation with fruit trees and other perenial plants. Comm. Bur. Hort. Plant. Crops. Technical Communication, 23, 1934. 131 p.
32. PRODAN, M. Forest biometrics. New York, Pergamon Press 1968. 447 p.
33. QUEIROZ, W.T. Efeitos de variação estrutural em unidades amostrais na aplicação do processo de amostragem em conglomerados nas florestas do Planalto Tapajos. Curitiba, Curso de Pós-Graduação, 1976. (Tese de Mestrado).
34. SACHS, L. Statistische Auswertungs methoden. Heidelberg, Springer, 1969. 677 p.
35. SILVA, J.A. Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoamentos de Pinus Taeda L., para fins biométricos em Santa Maria - RS, 1974. 70 p.
36. SILVA, L.B.X. Tamanhos e formas de unidades de amostra em amostragem aleatória e sistemática para florestas plantadas de Eucalyptus alba Rewien. 1977. 141 p. (Tese de Mestrado).
37. SPIEGEL, M.R. Estatística part. 1. Editora McGRAW-HILL do Brasil Ltda. 1977. 580 p.
38. SPURR, S.H. Forest inventory. New York, Ronald Press, 1952, 476 p.
39. STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H. Principles and procedure of statistics - McGRAW-HILL, New York, 1960. 481 p.
40. STÖHR, G.W.D. Importância e Aplicação do Estudo do Trabalho. Floresta. Vol. IX (1):27-38. Curitiba, 1978.
41. SUKTHATME, P.V. Teoria de Encuestas por muestreo con aplicaciones. 2.ed. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica. 1956. 495 p.
42. VERUETE, F.J. & PIMENTEL, B.L. Muestreo Comparativo entre sitios circulares y sitios de dimensiones variables. México, 1964. 167-173 p.
43. YAMANE, T. Estadística. México. Harla, 1974. 573 p.

APÊNDICE 01

## FORMULÁRIO PARA O PROCESSO DE AMOSTRAGEM

## AMOSTRAGEM ALEATÓRIA

## A) ESTIMATIVA DA MÉDIA

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Sx}{n}$$

Onde:

$X_i$  = volumes das amostras

$n$  = número de amostras

## B) ESTIMATIVA DA VARIÂNCIA

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n Sx)^2}{n}}{(n - 1)}$$

## C) ESTIMATIVA DO DESVIO-PADRÃO

$$S = \sqrt{S^2}$$

## D) ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

$$C.V.\% = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100$$

## E) ESTIMATIVA DO ERRO-PADRÃO

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)}$$

Onde:

$(1 - \frac{n}{N}) = f$  = Fator de correção para população finita

F) ESTIMATIVA DO ERRO EM PERCENTAGEM

$$E\% = \frac{S\bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100$$

G) ESTIMATIVA DO LIMITE DE ERRO PARA O CÁLCULO DE "n"

$$LE = (0,1 \cdot \bar{x})^2$$

Onde:

0,1 = erro estipulado

H) ESTIMATIVA DO NÚMERO DE AMOSTRAS NECESSÁRIO

$$N = \frac{t^2 \cdot S^2}{E^2 + \frac{t^2 \cdot S^2}{N}}$$

Onde:

$t(n-1)0,05$

N = número total de unidades na população

$E^2$  = limite de erro ao quadrado

QUADRO Nº 15: Análise de variância dos tempos de instalação para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, no delineamento experimental, inteiramente casualizado com parcelas subdivididas.

FONTE DE VARIACÃO	GRAU DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F CALCULADO
TAMANHO	4	4982013,55	1245503,39	122,26*
Erro(a)	20	203744,53	10187,23	
Forma	2	3618983,39	1809491,69	207,45*
Tamanho x Forma	8	140952,21	17619,03	2,02 n.s
Erro (b)	40	348899,07	8722,48	
TOTAL	74	9294592,75		

\* = Significância ao nível de 95%.

n.s. = Não significativa.

QUADRO Nº 18: Análise de variância dos tempos de medição do DAP para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostra, no delineamento experimental, inteiramente casualizado com parcelas subdivididas.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F CALCULADO
Tamanho	4	4207399,33	1051849,83	88,21*
Erro (a)	20	238479,33	11923,97	
Forma	2	34426,75	17213,37	2,71 n.s.
Tamanho x Forma	8	41056,99	5132,12	0,81 n.s.
Erro (b)	40	253820,27	6345,51	
TOTAL	74	4775182,67		

\* = Significância ao nível de 95%.

n.s. = Não significativa.

QUADRO Nº 19: Análise de variância dos tempos de medição da altura total, para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, no delineamento experimental, inteiramente casualizado com parcelas subdivididas.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F CALCULADO
Tamanho	4	6370248,99	1592562,25	44,41 *
Erro (a)	20	717128,80	35856,44	
Forma	2	32146,88	16073,44	2,16 n.s.
Tamanho x Forma	8	54650,85	6831,36	0,92 n.s.
Erro (b)	40	297835,60	7445,89	
TOTAL	74	7472011,12		

\* = Significância ao nível de 95%.

n.s. = Não significante.



QUADRO Nº 20: Análise de variância dos tempos de medição da altura comercial para as diferentes formas e tamanhos de unidades de amostras, no delineamento experimental, inteiramente casualizado com parcelas subdivididas.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F CALCULADO
Tamanho	4	6347233,95	1586808,49	43,22*
Erro (a)	20	734299,05	36714,95	
Forma	2	31960,35	15980,17	2,13 n.s.
Tamanho x Forma	8	50197,25	6274,66	0,84 n.s.
Erro (b)	40	299651,73	7491,29	
TOTAL	74	7463342,35		

\* = Significância ao nível de 95%

n.s. = Não significante.

TESTE DE TUKEY para a comparação das médias dos tempos de instalação nos diferentes tamanhos de unidades de amostras.

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = q \alpha (p; n2) . S\bar{x}$

Obtenção de "q" (tabela)

$q_{0,05}(5; 20) = 4,23$

CÁLCULO DO "ERRO-PADRÃO"

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{2E(a)}{r.b}} = \sqrt{\frac{2.10187,22665}{(5).(3)}}$$

$S\bar{x} = 36,86$

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = 4,23 \times 36,86$

$W = 155,92$

ORDENAÇÃO CRESCENTE DAS MÉDIAS

		$\bar{y}_5$	$\bar{Y}_4$	$\bar{Y}_3$	$\bar{Y}_2$	$\bar{Y}_1$
		1194,60	877,00	859,53	635,27	426,07
$\bar{Y}_1$	426,07	768,53*	450,93*	133,46*	209,2*	0
$\bar{Y}_2$	635,27	599,33*	241,73*	224,26*	0	
$\bar{Y}_3$	859,53	335,07*	17,47n.s	0		
$\bar{Y}_4$	877,00	317,60*	0			
$\bar{Y}_5$	1194,60	0				

\* Significância ao nível de 95%.

n.s. Não significante.

TESTE DE TUKEY para a comparação das médias dos tempos de instalação nas diferentes formas de unidades de amostras.

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = q_{\alpha}(p;n2) \cdot S\bar{x}$

Obtenção de "q" (Tabela)

$q_{0,05}(3;40) = 3,44$

CÁLCULO DO "ERRO-PADRÃO"

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{2E(b)}{r \cdot a}} = \sqrt{\frac{2(8722,476675)}{(5) \cdot (5)}}$$

$S\bar{x} = 26,42$

$W = 3,44 \cdot 26,42$

$W = 90,88$

		$\bar{Y}3$	$\bar{Y}2$	$\bar{Y}1$
		954,56	953,08	487,84
$\bar{Y}1$	487,84	466,72*	465,24*	0
$\bar{Y}2$	953,08	1,48 n.s	0	
$\bar{Y}3$	954,56	0		

\* = significância ao nível de 95%

n.s = Não significante.

TESTE DE TUKEY para a comparação dos tempos de medição do DAP nos diferentes tamanhos de unidades de amostra.

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = q \alpha (p,n2) \cdot S\bar{x}$

Obtenção de "q" (tabela)

$q_{0,05}(5;20) = 4,23$

CÁLCULO DO "ERRO-PADRÃO"

$S\bar{x} = \sqrt{\frac{2E(a)}{r.b}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11923,97}{(5) \cdot (3)}}$

$S\bar{x} = 39,87$

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = 4,23 \cdot 39,87$

$W = 168,65$

ORDENAÇÃO CRESCENTE DAS MÉDIAS

		$\bar{Y}5$	$\bar{Y}4$	$\bar{Y}3$	$\bar{Y}2$	$\bar{Y}1$
		736,93	615,33	404,20	224,73	98,13
$\bar{Y}1$	98,13	638,80*	517,20*	306,07*	126,60n.s	0
$\bar{Y}2$	224,73	512,20*	390,60*	179,47*	0	
$\bar{Y}3$	404,20	332,73*	211,13*	0		
$\bar{Y}4$	615,33	121,60n.s	0			
$\bar{Y}5$	736,93	0				

\* = Significância ao nível de 95%  
n.s. = Não significante.

TESTE DE TUKEY para a comparação das médias dos tempos de medição da altura total nos diferentes tamanhos de unidade de amostra.

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = q_{\alpha}(p;n2) \times S\bar{x}$

$q_{0,05}(5;20) = 4,23$

Obtenção de "q" (Tabela)

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{2E(a)}{r.b}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 35856,44}{(5) \cdot (3)}} = 4780,86$$

$S\bar{x} = 69,14$

CÁLCULO DO COMPARADOR "W"

$W = 4,23 \cdot 69,14$

$W = 292,46$

ORDENAÇÃO CRESCENTE DAS MÉDIAS

		$\bar{Y}5$	$\bar{Y}4$	$\bar{Y}3$	$\bar{Y}2$	$\bar{Y}1$
		935,67	825,93	573,47	332,80	158,53
$\bar{Y}1$	158,53	777,14*	667,40*	414,94*	174,27n.s	0
$\bar{Y}2$	332,80	602,87*	493,13*	240,67n.s	0	
$\bar{Y}3$	573,47	362,20*	252,46n.s	0		
$\bar{Y}4$	825,93	109,74n.s	0			
$\bar{Y}5$	935,67	0				

\* = Significância ao nível de 95%.

n.s. = Não significante.

TESTE DE TUKEY para a comparação das médias dos tempos de medição da altura comercial nos diferentes tamanhos de unidades de amostras.

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = q_{\alpha} (p;n2) \cdot S\bar{x}$

Obtenção de "q" (Tabela)

$q_{0,05} (5;20) = 4,23$

CÁLCULO DO "ERRO-PADRÃO"

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{2E(a)}{r.b}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 36714,95266}{(5) \cdot (3)}}$$

$S\bar{x} = 69,97$

CÁLCULO DO CRITÉRIO "W"

$W = 4,23 \cdot 69,97$

$W = 295,97$

ORDENAÇÃO CRESCENTE DAS MÉDIAS

		Y5	Y4	Y3	Y2	Y1
		929,80	828,13	571,47	334,73	155,40
Y1	155,40	774,40*	672,73*	416,07*	179,33n.s	0
Y2	334,73	595,07*	493,40*	236,74n.s	0	
Y3	571,47	358,33*	256,66n.s	0		
Y4	828,13	101,67n.s	0			
Y5	929,80	0				

\* = Significância ao nível de 95%.

n.s. = Não significante.



QUADRO Nº 08: Teste de homogeneidade de variância para os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total e da altura comercial, para as três formas de unidades de amostra.

TEMPOS	G.L.	$\chi^2$ (BARTLETT)	$\chi^2$ (TABELAR)	SIGNIFI- CÂNCIA
T.Instalação	14	16,06	23,68	n.s.
T.Med.DAP	14	23,57	23,68	n.s.
T.Med.Alt.Total	14	21,25	23,68	n.s.
T.Med.Alt. Com.	14	21,02	23,68	n.s.

GL = 14

NÍVEL DE PROB. 0,05

VALOR TABELAR = 23,68

$\chi^2 < \chi^2$  tabelar - Hipótese da homogeneidade.  
Não pode ser rejeitada.



QUADRO Nº 09: Teste da normalidade para os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total e da altura comercial, para as três formas de unidades de amostras.

FORMA	TEMPOS	TESTE DE KOLHOGOROV-SMIRNOV	VALOR TABELAR	SIGNIFICÂNCIA
CIRCULAR	T.Instalação	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med.DAP	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med.Alt.Tot.	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med.Alt.Com.	D=0,215	0,264	n.s.
QUADRADA	T.Instalação	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med.DAP	D=0,215	0,264	n.s.
	T. Med.Alt.Tot.	D=0,215	0,264	n.s.
	T. Med.Alt.Com.	D=0,215	0,264	n.s.
RETANGULAR	T.Instalação	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med. DAP	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med .Alt.Tot.	D=0,215	0,264	n.s.
	T.Med.Alt.Com.	D=0,215	0,264	n.s.

Comparando-se o D calculado com o D tabelar, aceita-se a hipótese da nulidade e rejeita-se a hipótese alternativa. Neste caso a distribuição testada segue a distribuição normal.

QUADRO Nº 10: Teste de independência para os tempos de instalação, medição do DAP, medição da altura total e da altura comercial para as três formas de unidades de amostra.

FORMA	TEMPOS	TESTE DE DURBIN WATSON	k'=1			SIGNIFICÂNCIA
			dL	du	du<d<4-du	
CIRCULAR	T. Instalação	2,32	1,29	1,45	1,45<2,32<2,55	Aceita-se a hipótese da nulidade. Os resíduos são independentes "
	T. Med. DAP	2,28			1,45<2,28<2,55	
	T. Med. Alt. Total	1,87			1,45<1,87<2,55	
	T. Med. Alt. Com.	1,98			1,45<1,98<2,55	
QUADRADA	T. Instalação	1,88			1,45<1,88<2,55	"
	T. Med. DAP	2,53			1,45<2,53<2,55	"
	T. Med. Alt. Total	2,43			1,45<2,43<2,55	"
	T. Med. Alt. Com.	2,45			1,45<2,45<2,55	"
RETANGULAR	T. Instalação	1,82			1,45<1,82<2,55	"
	T. Med. DAP	2,36			1,45<2,36<2,55	"
	T. Med. Alt. Total	1,75			1,45<1,75<2,55	"
	T. Med. Alt. Com.	1,81			1,45<1,81<2,55	"



NOMES VULGARES, NOMES CIENTÍFICOS, FAMÍLIAS E CÓDIGOS DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS

CÓDIGO	NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
1	Pinheiro brasileiro	<u>Araucaria angustifolia</u> (Bert.) O.Ktze	Araucariaceae
2	Congonha	<u>Ilex dumosa</u> Reissek	Aquifoliaceae
3	Miguel-Pintado	<u>Matayba elaeagnoides</u> Radlk	Sapindaceae
4	Pimenteira	<u>Capsicodendron dinisii</u> (schwack) Adriani	Canellaceae
5	Imbuia	<u>Ocotea porosa</u> (nees. & Mart.) Barroso	Lauraceae
6	Guabiroba	<u>Campomanesia xanthocarpa</u> Berg.	Myrtaceae
7	Orelha-de-mico	<u>Ilex brevicuspis</u> Reissek	Aquifoliaceae
8	Bugreiro	<u>Lithraea brasiliensis</u> L. March.	Anacardiaceae
9	Pessegueiro-do-mato	<u>Prunus brasiliensis</u> (cham.& Schl) )dete	Rosaceae
10	Capororoca	<u>Rapanea ferruginea</u> (Ruiz. & Pav.) Mez.	Myrsinaceae
11	Murta	<u>Eugenia</u> sp.	Myrtaceae
12	Juvevê	<u>Fagara kleinii</u> Cowan	Rutaceae
13	Aroeira	<u>Schinus terebinthifolius</u> Raddi	Anacardiaceae
14	Erva-mate	<u>Ilex paraguariensis</u> St. Hilaire	Aquifoliaceae
15	Cedro	<u>Cedrela fissilis</u> Vell.	Meliaceae
16	Canela-de-porco	<u>Ocotea corimbosa</u> (Meissn.) Mez.	Lauraceae
17	Pau-de-raposa	<u>Phoebe amoena</u> (Ness) Mez.	Lauraceae
18	Bracatinga	<u>Mimosa scabrella</u> Benth.	Mimosoideae
19	Caroba	<u>Jacaranda puberula</u> Cham.	Bignoniaceae
20	Chal-Chal	<u>Allophylus edulis</u> (St.Hil) Radlk	Sapindaceae
21	Palmito	<u>Euterpe edulis</u> Martius	Palmae
22	Páu-andrade	<u>Persea</u> sp	Lauraceae
23	Cambará	<u>Gochnatia polymorpha</u> (Less.) Cabr.	Compositae

Continua

NOMES VULGARES, NOMES CIENTÍFICOS, FAMÍLIAS E CÓDIGOS DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS (Continuação)

CÓDIGO	NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
24	Guaperê	<u>Lamanonia speciosa</u> (Camb.) L.B. Smith	Cunoniaceae
25	Caúna	<u>Ilex theezans</u> Martius	Aquifoliaceae
26	Vassourão	<u>Bacharis elaeagnoides</u>	Compositae
27	Pau-leiteiro	<u>Sebastiana brasiliensis</u> Spreng	Euphorbiaceae
28	Canela-imbuia	<u>Nectandra megapotamica</u> Mez.	Lauraceae
29	Canela-amarela	<u>Nectandra grandiflora</u> Ness.	Lauraceae
30	Cerejeira	<u>Eugenia involucrata</u> DC.	Myrtaceae
31	Canela	<u>Cinnamomum sellowianum</u> (Nees.) Kosterm.	Lauraceae
32	Citronela	<u>Citronela paniculata</u> (Mart.) Howard	Icacinaceae
33	Concon	<u>Erythroxylum deciduum</u> St. Hil.	Erythroxylaceae
34	Canela-guaicã	<u>Ocotea puberula</u> Ness.	Lauraceae
35	Araçazeiro	<u>Eugenia speciosa</u> Camb.	Murtaceae
36	Cambuí	<u>Myrcia obtecta</u> (Berg.) Kiaersk.	Myrtaceae
37	Coronilha	<u>Scutia buxifolia</u> Reissek	Rhamnaceae
38	Guamirim	<u>Gomidesia selloviana</u> Berg.	Myrtaceae
39	Pau-de-cangalha	<u>Simplocus tenuifolia</u> Brand.	Symplocaceae
40	Casca-de-anta	<u>Drymis brasiliensis</u> Miers.	Wintheraceae
41	Carne-de-vaca	<u>Styrax leprosus</u> Hooker et Arnott	Styracaceae
42	Pitangueira	<u>Eugenia uniflora</u> L.	Myrtaceae
43	Sapopema	<u>Sloanea lasiocoma</u> K. Schum.	Elaeocarpaceae
44	Açoita-cavalo	<u>Luehea divaricata</u> Mart.	Tiliaceae
45	Guaçatunga-Vermelha	<u>Casearia inaequilatera</u> Camb.	Flacourtiaceae
46	Não identificadas*		

\* = Incluem 6 espécies.



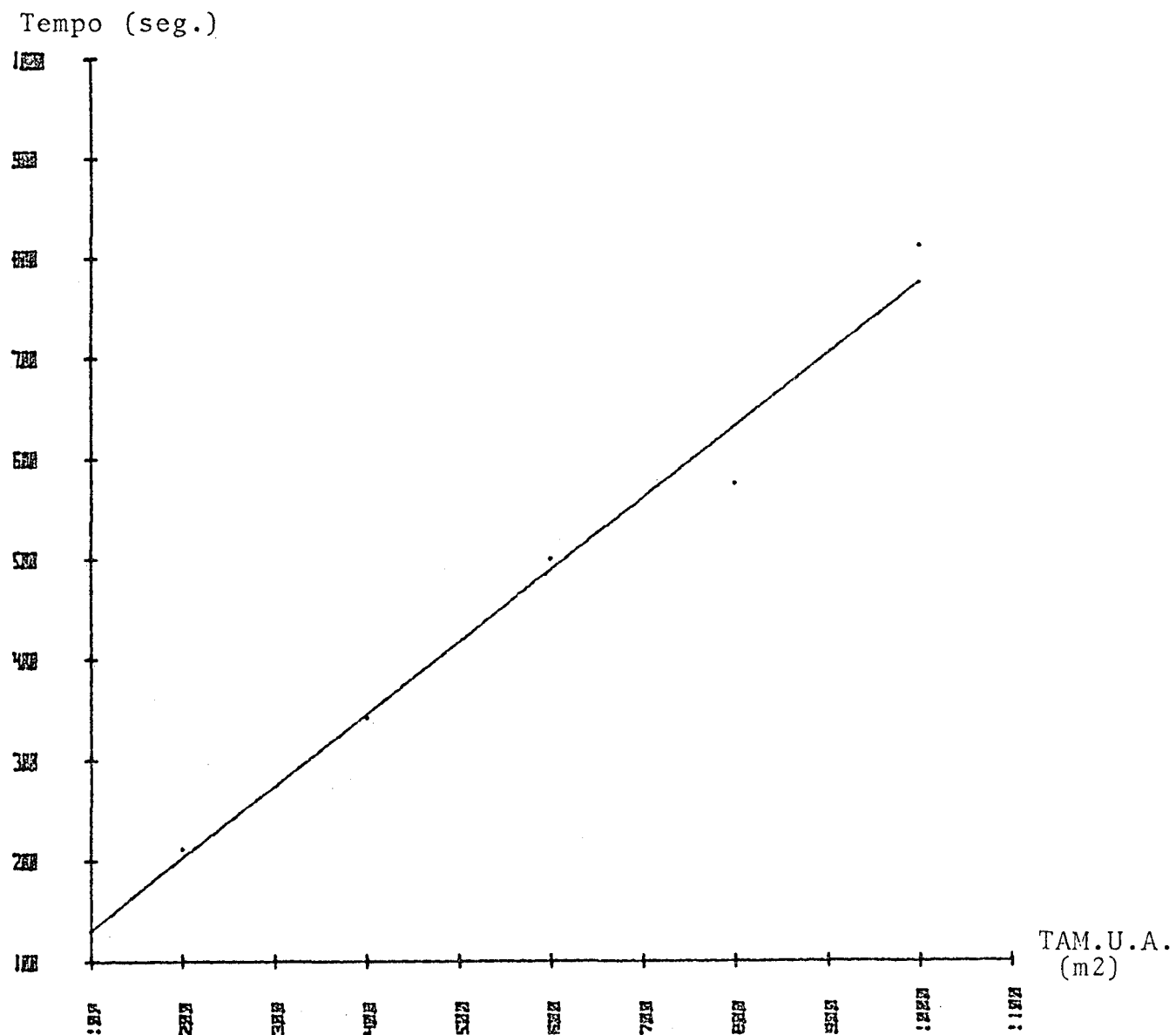


FIGURA Nº 04 - Comportamento do tempo de instalação com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares.

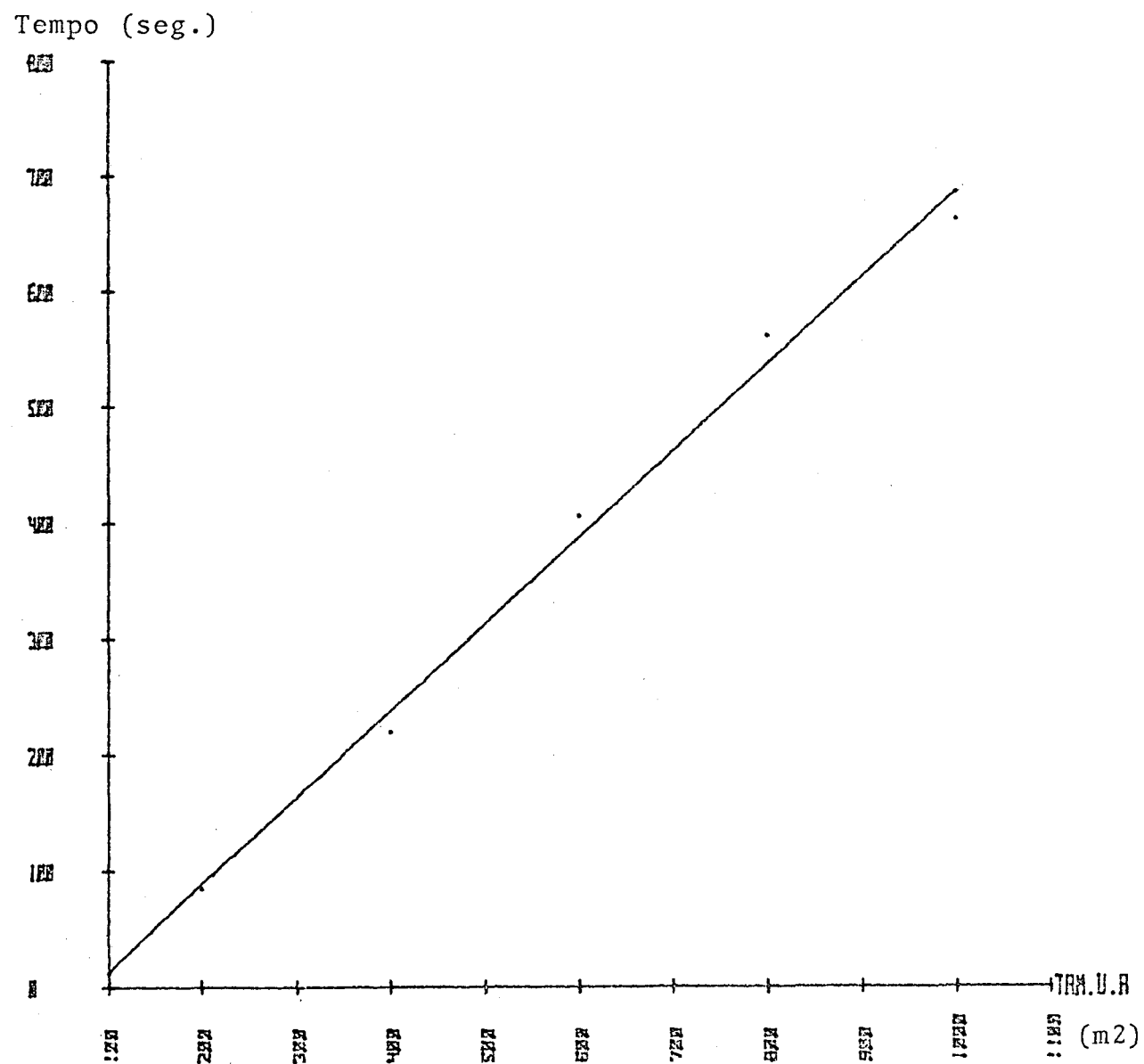


FIGURA Nº 05 - Comportamento do tempo de medição do DAP com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares.



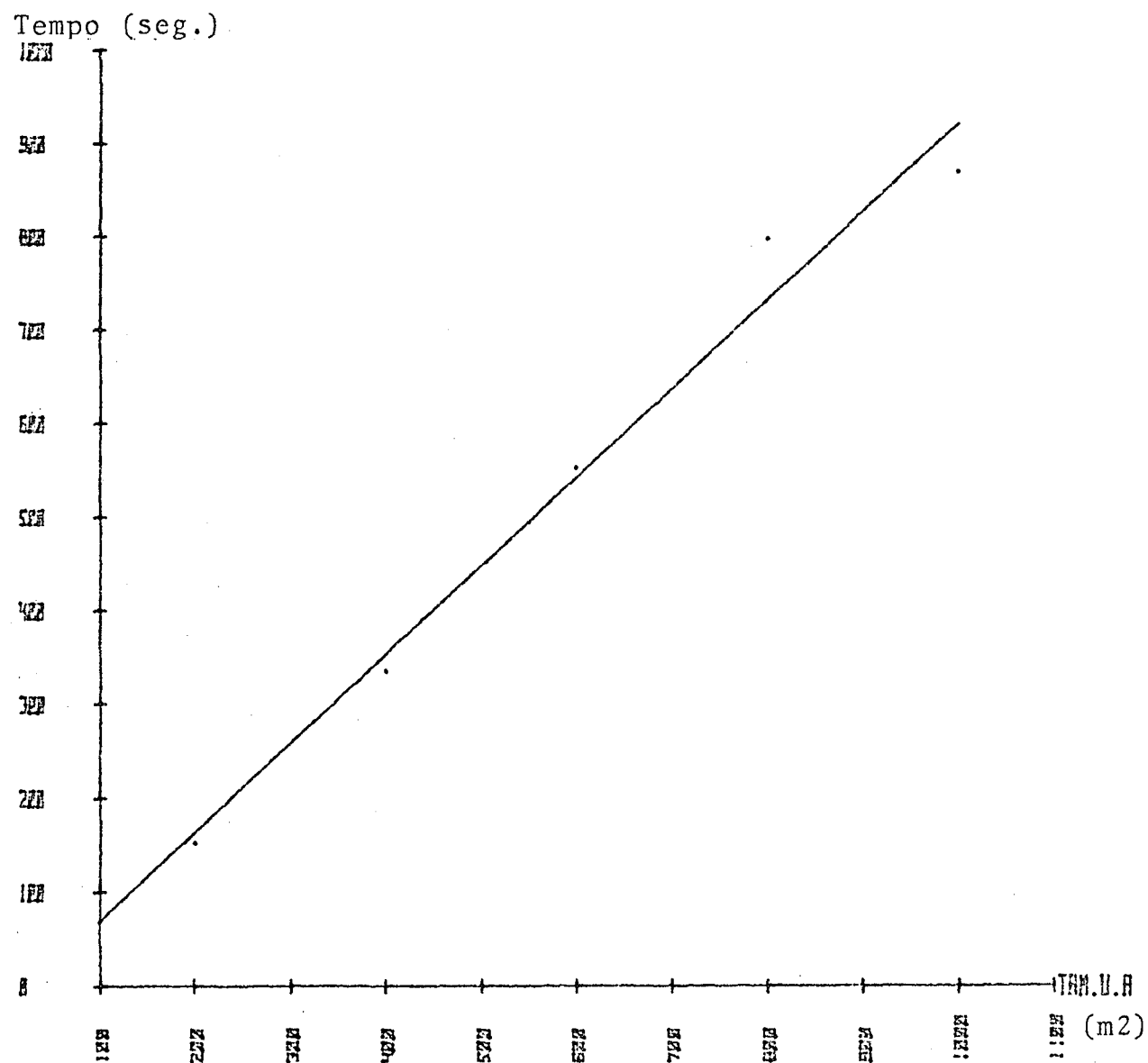


FIGURA Nº 06 - Comportamento do tempo de medição da altura total com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares.

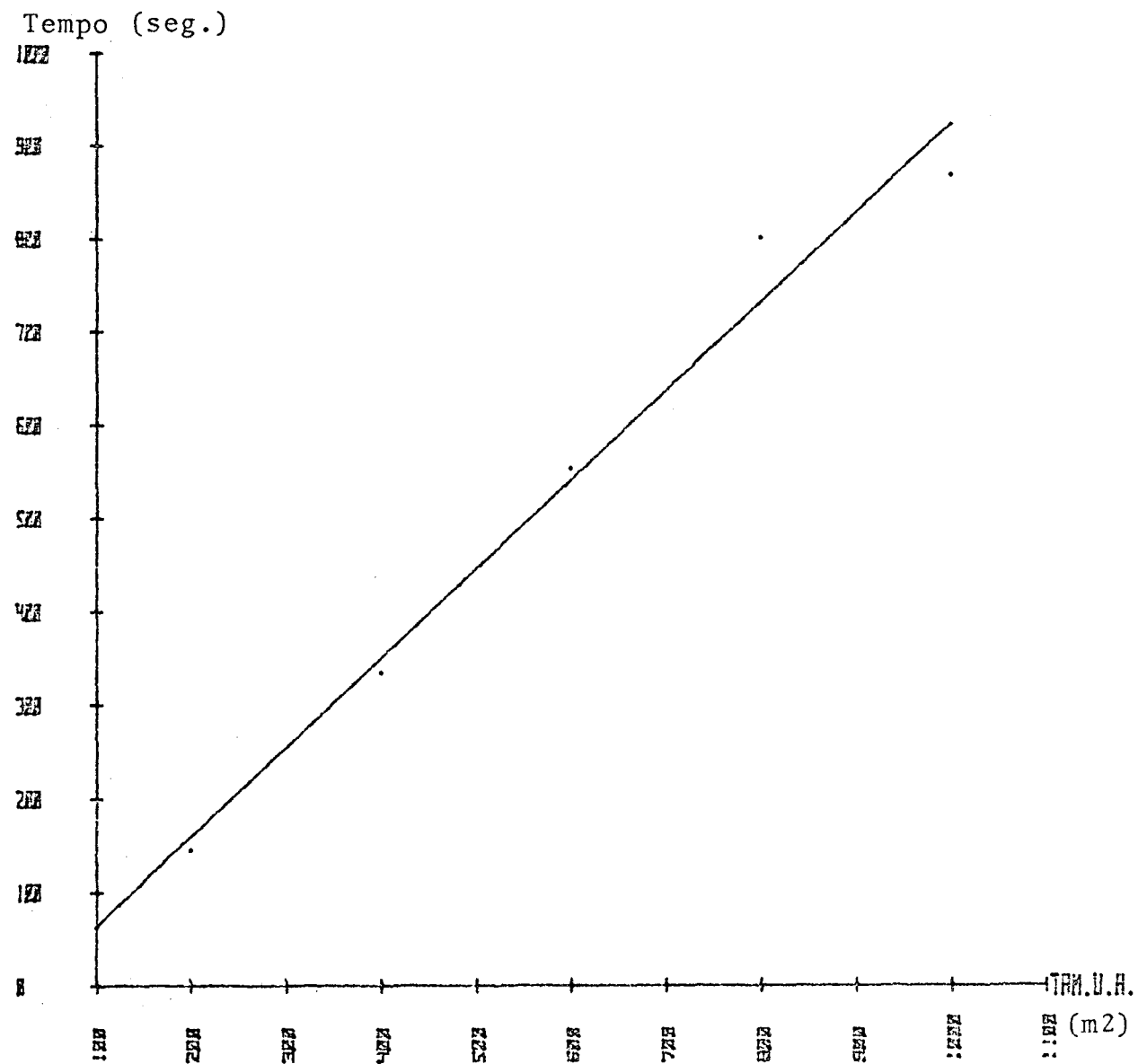


FIGURA Nº 07 - Comportamento do tempo de medição da altura comercial com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares

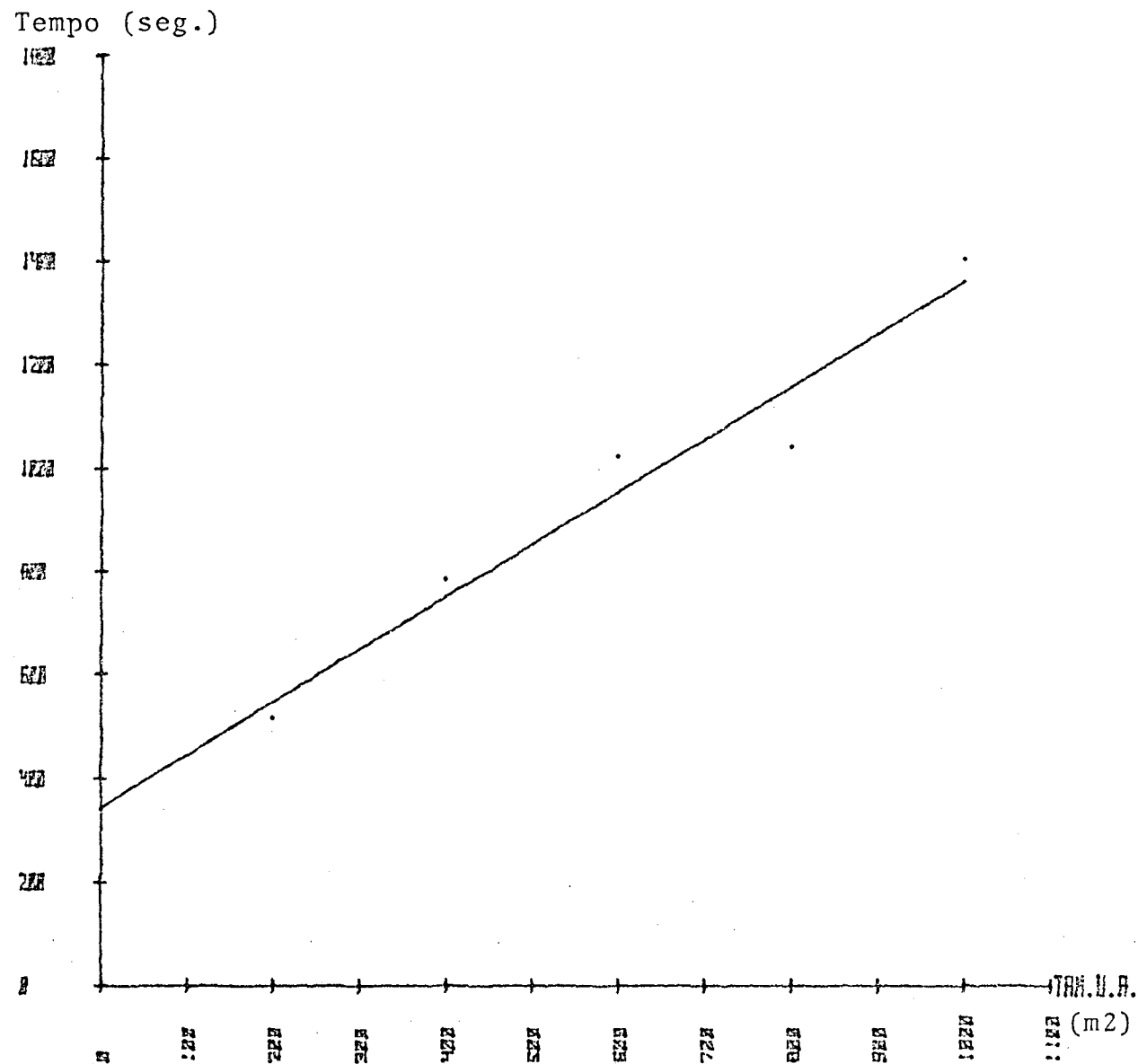


FIGURA Nº 08 - Comportamento do tempo de instalação com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.

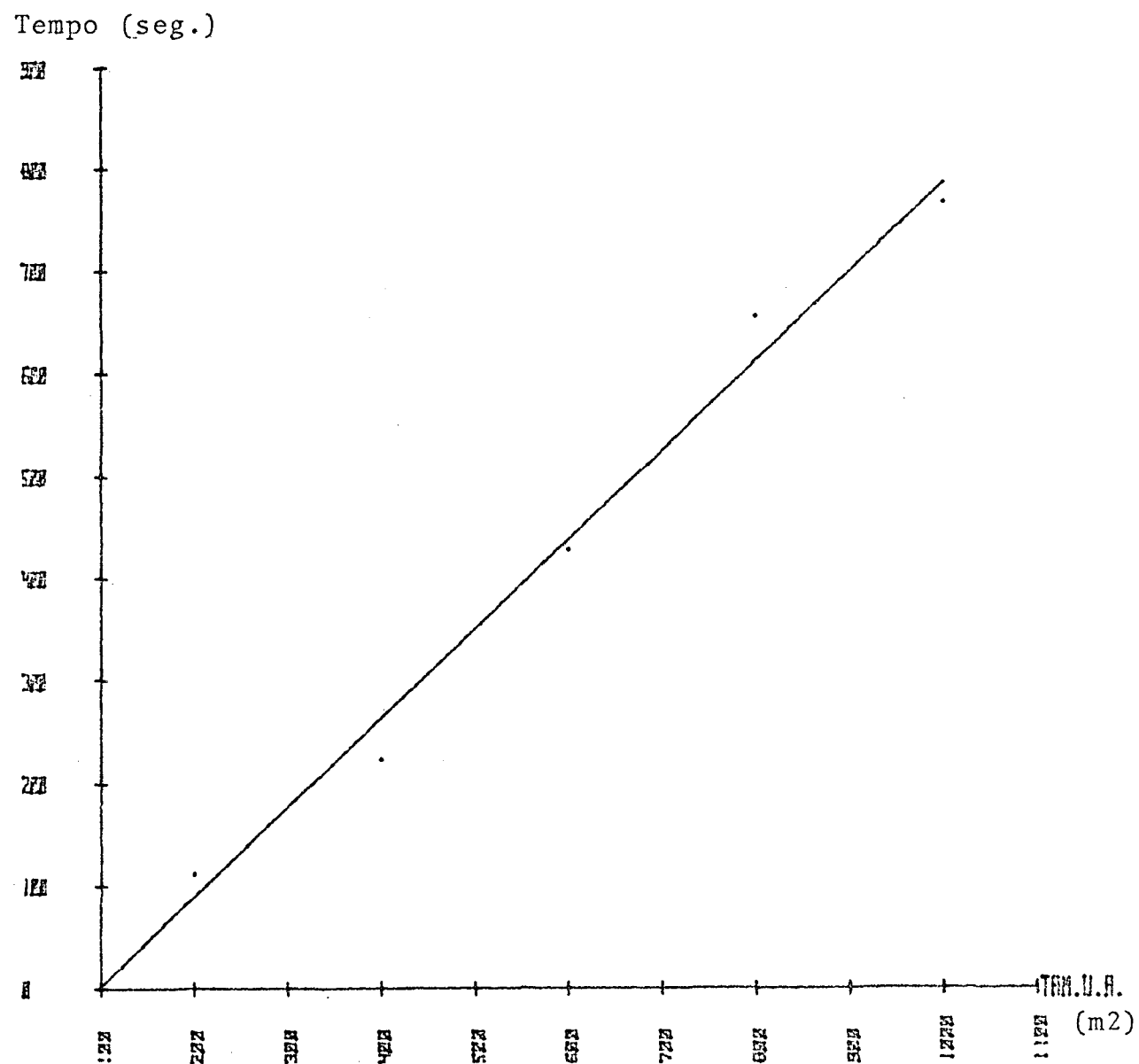


FIGURA Nº 09 - Comportamento do tempo de medição do DAP com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.

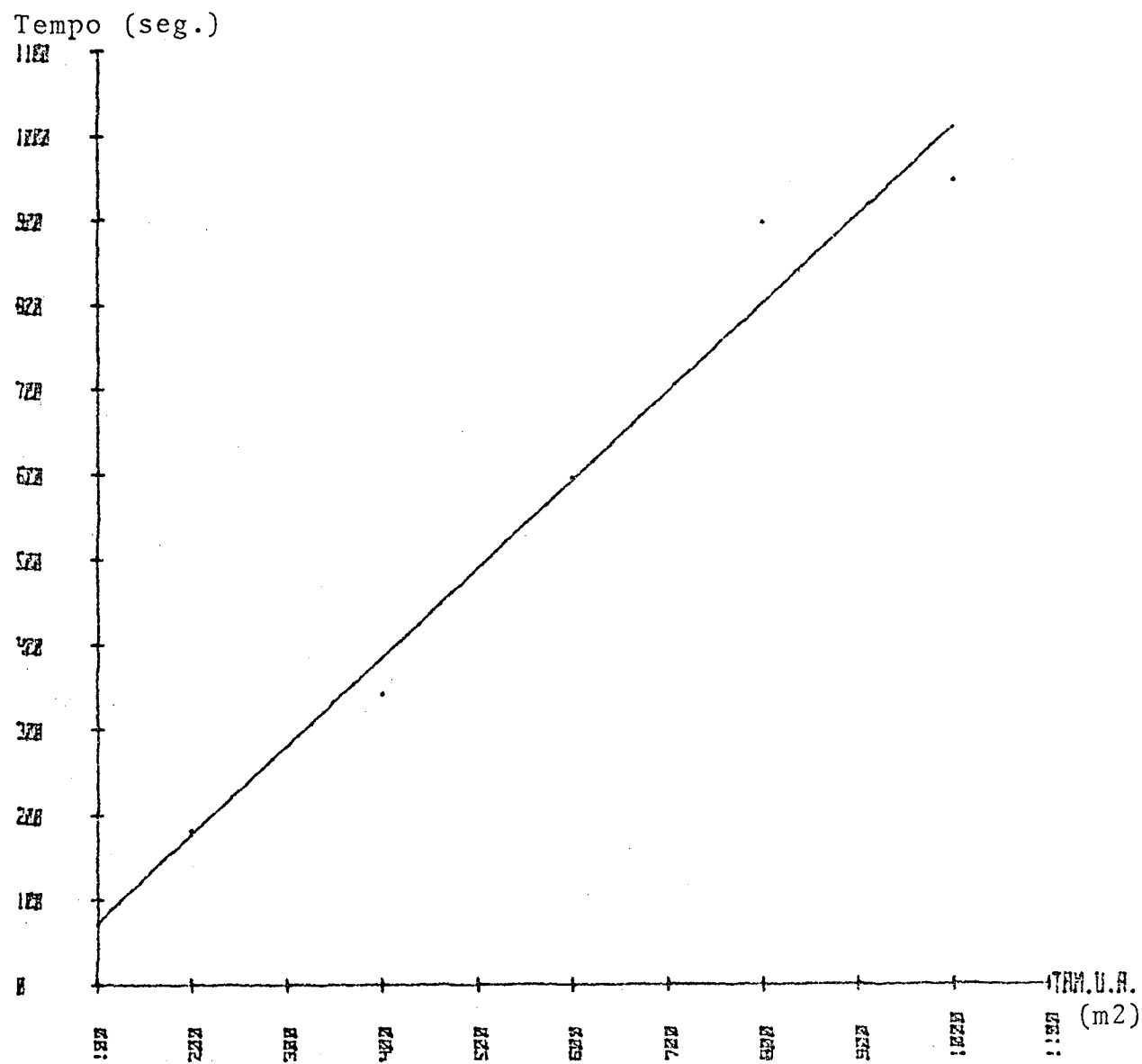


FIGURA Nº 10 - Comportamento do tempo de medição da altura total com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.

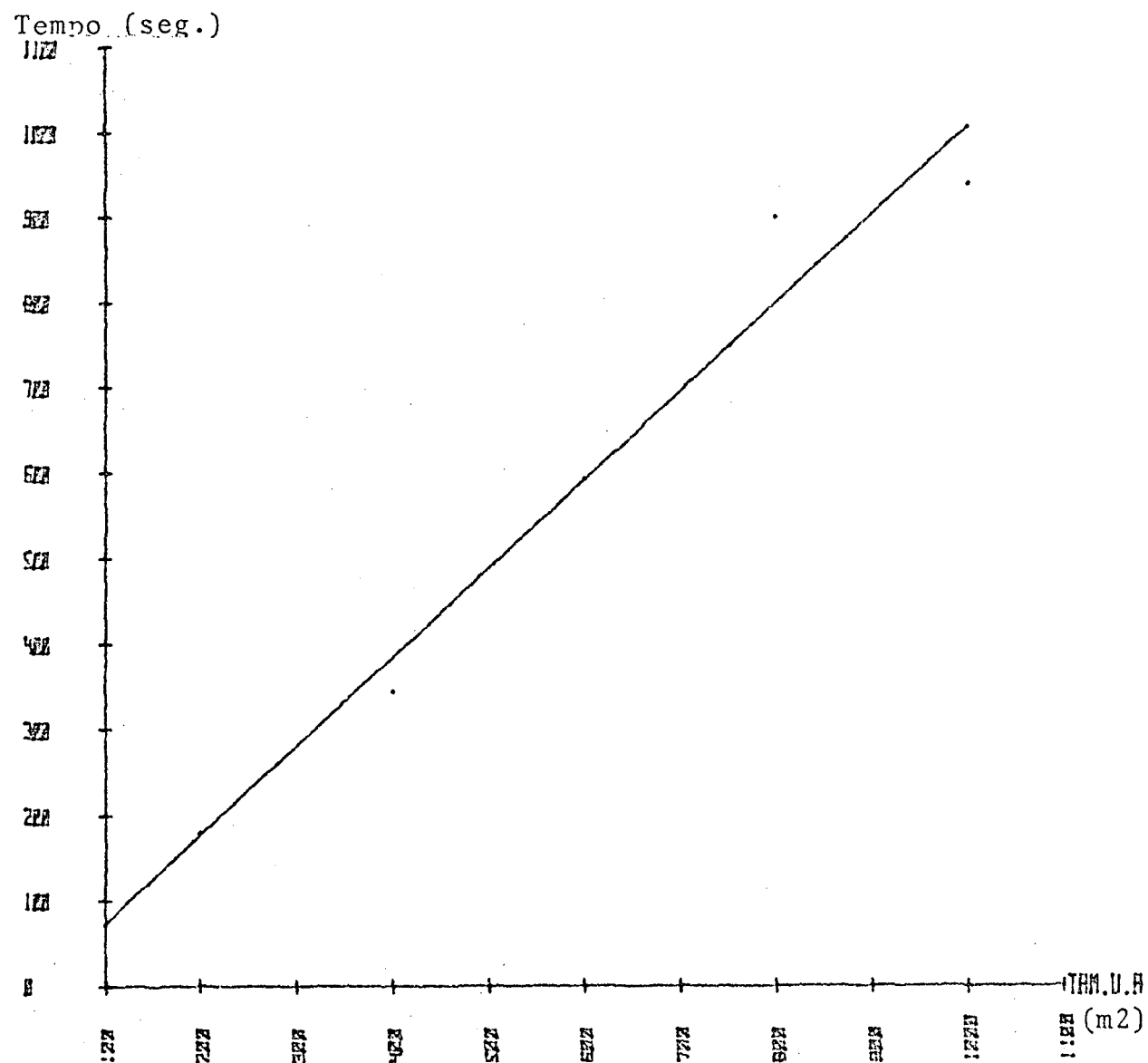


FIGURA Nº 11 - Comportamento do tempo de medição da altura comercial com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.

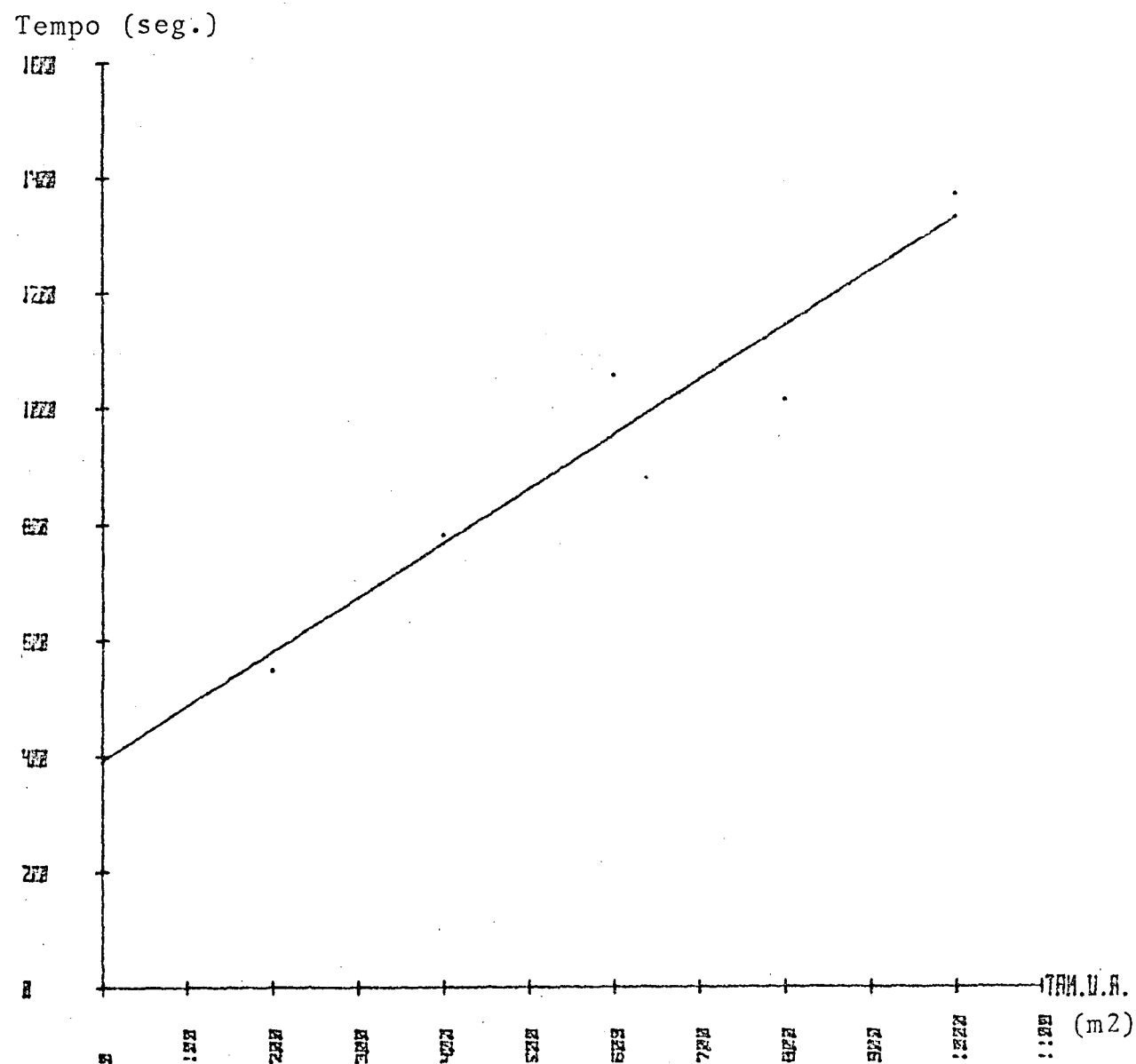


FIGURA Nº 12 - Comportamento do tempo de instalação com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares.

Tempo (seg.)

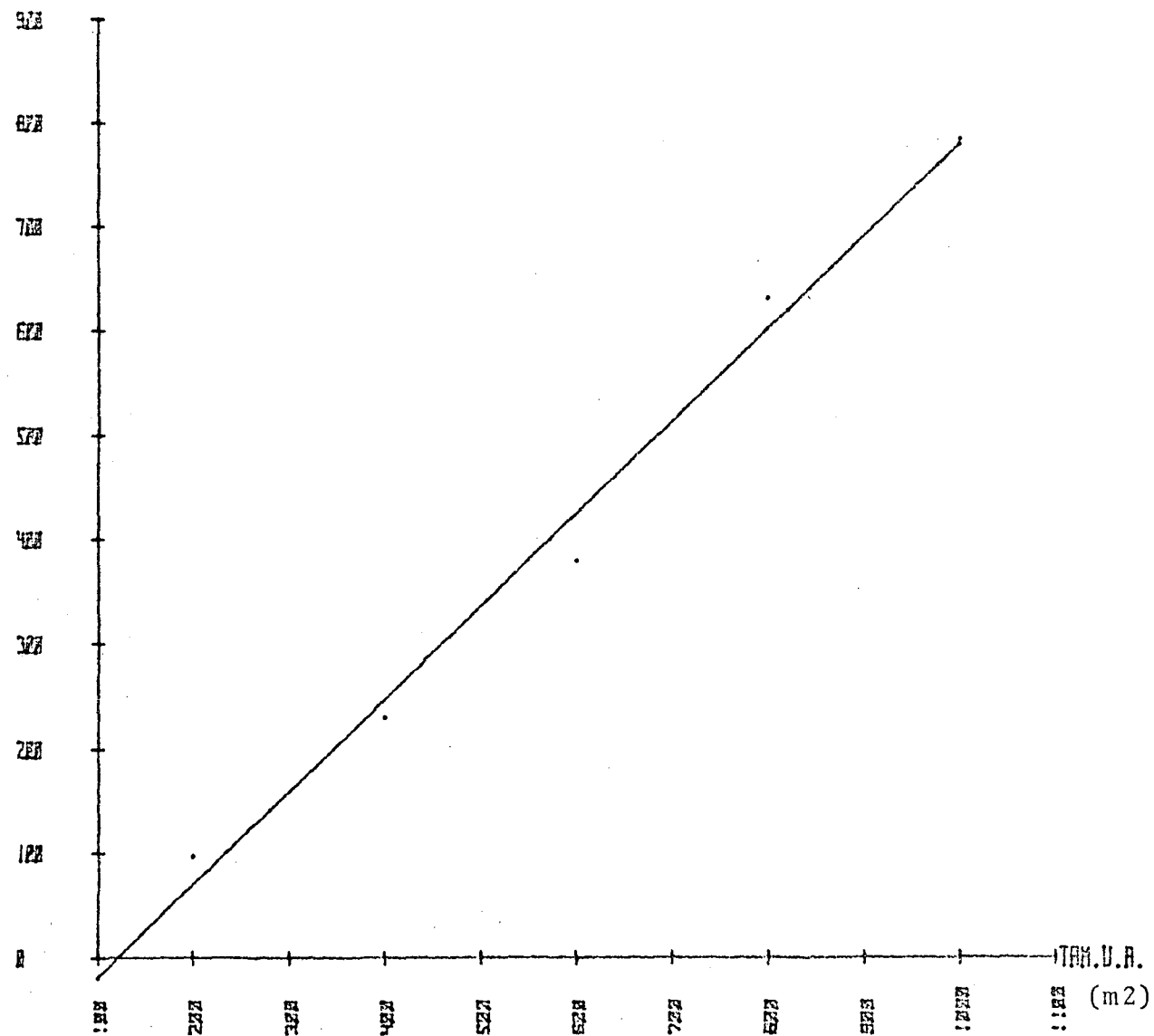


FIGURA Nº 13 - Comportamento do tempo de medição do DAP com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares.



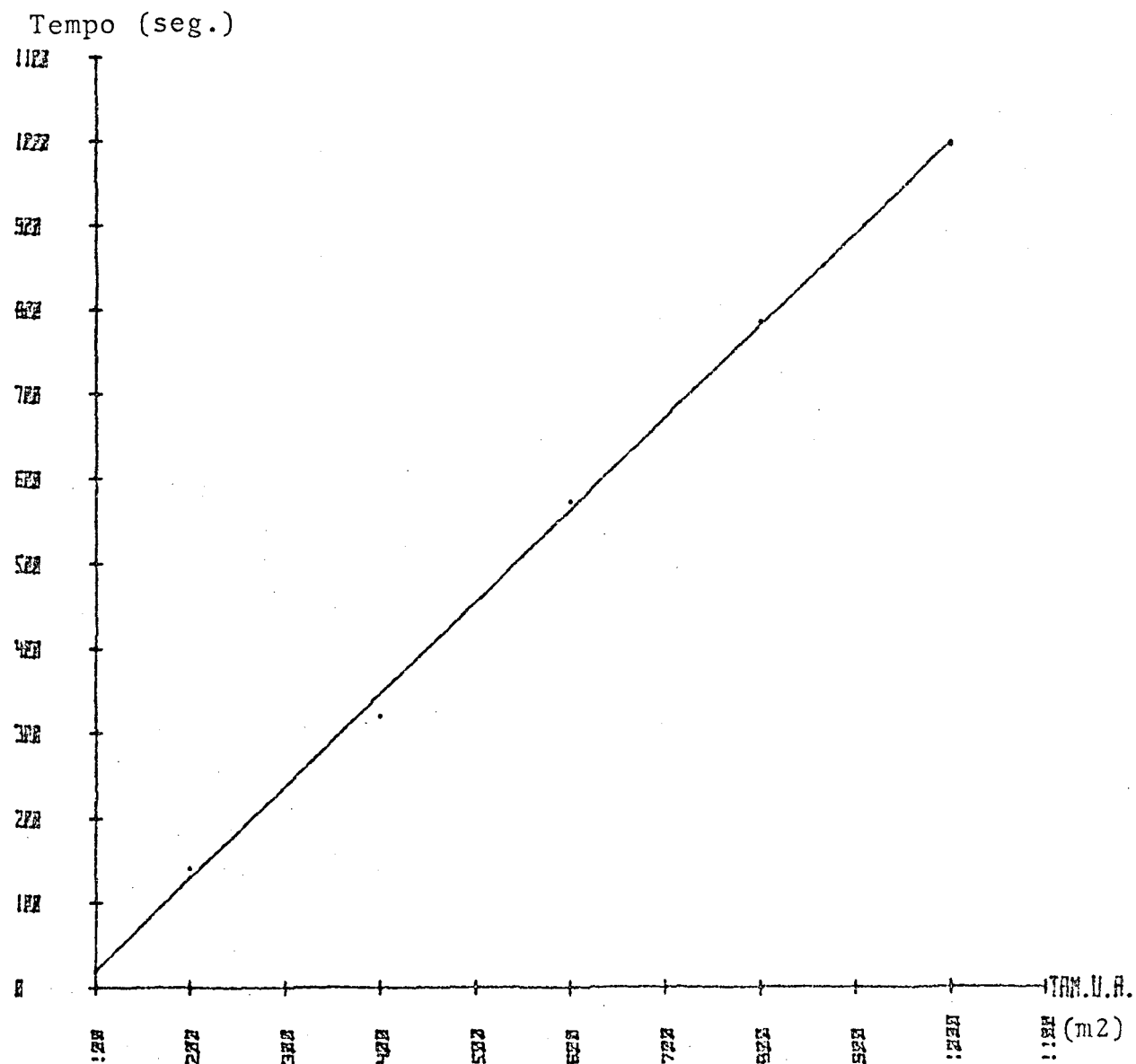


FIGURA Nº 14 - Comportamento do tempo de medição da altura total com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares.

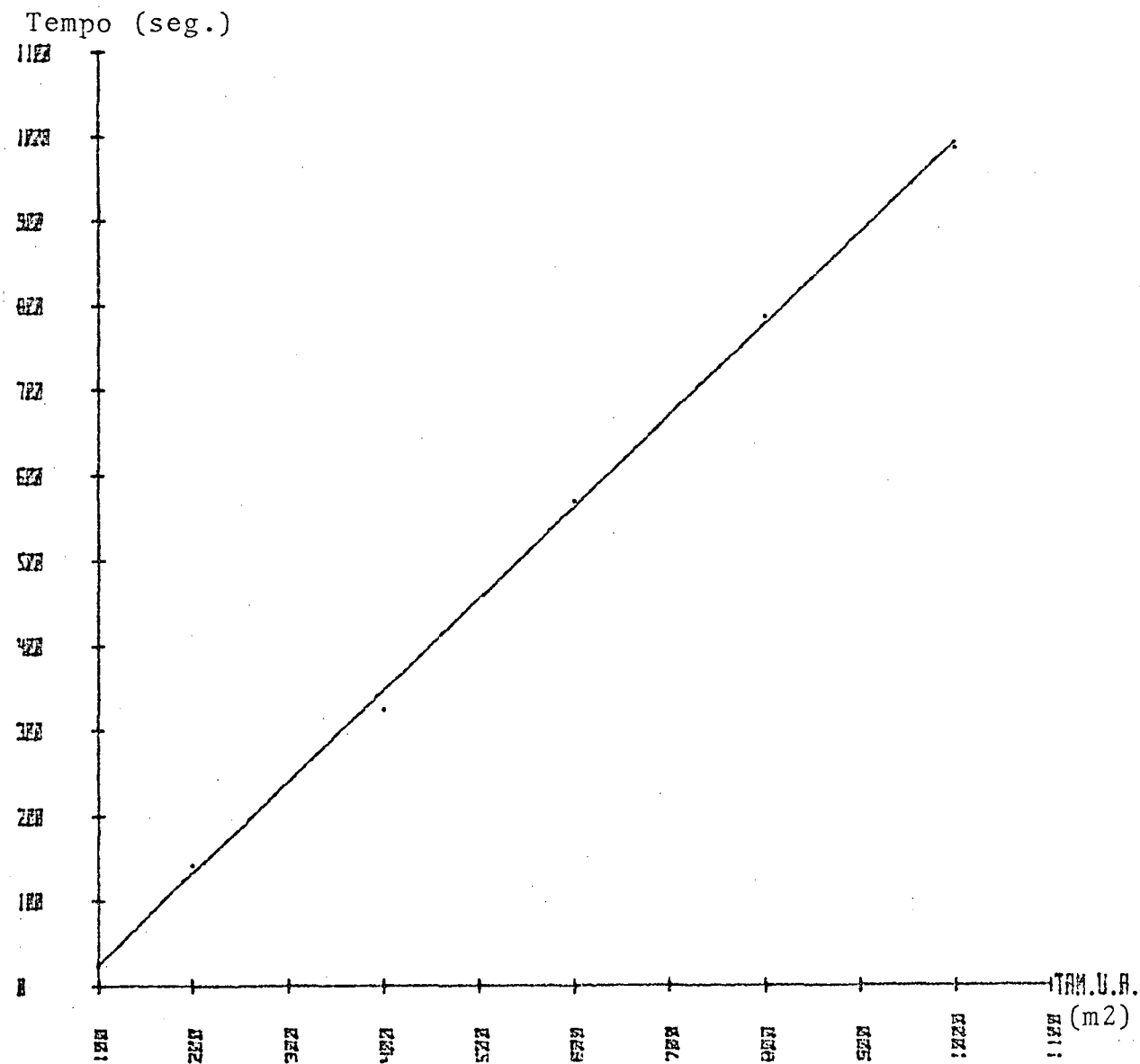


FIGURA Nº 15 - Comportamento do tempo de medição da altura comercial com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares.

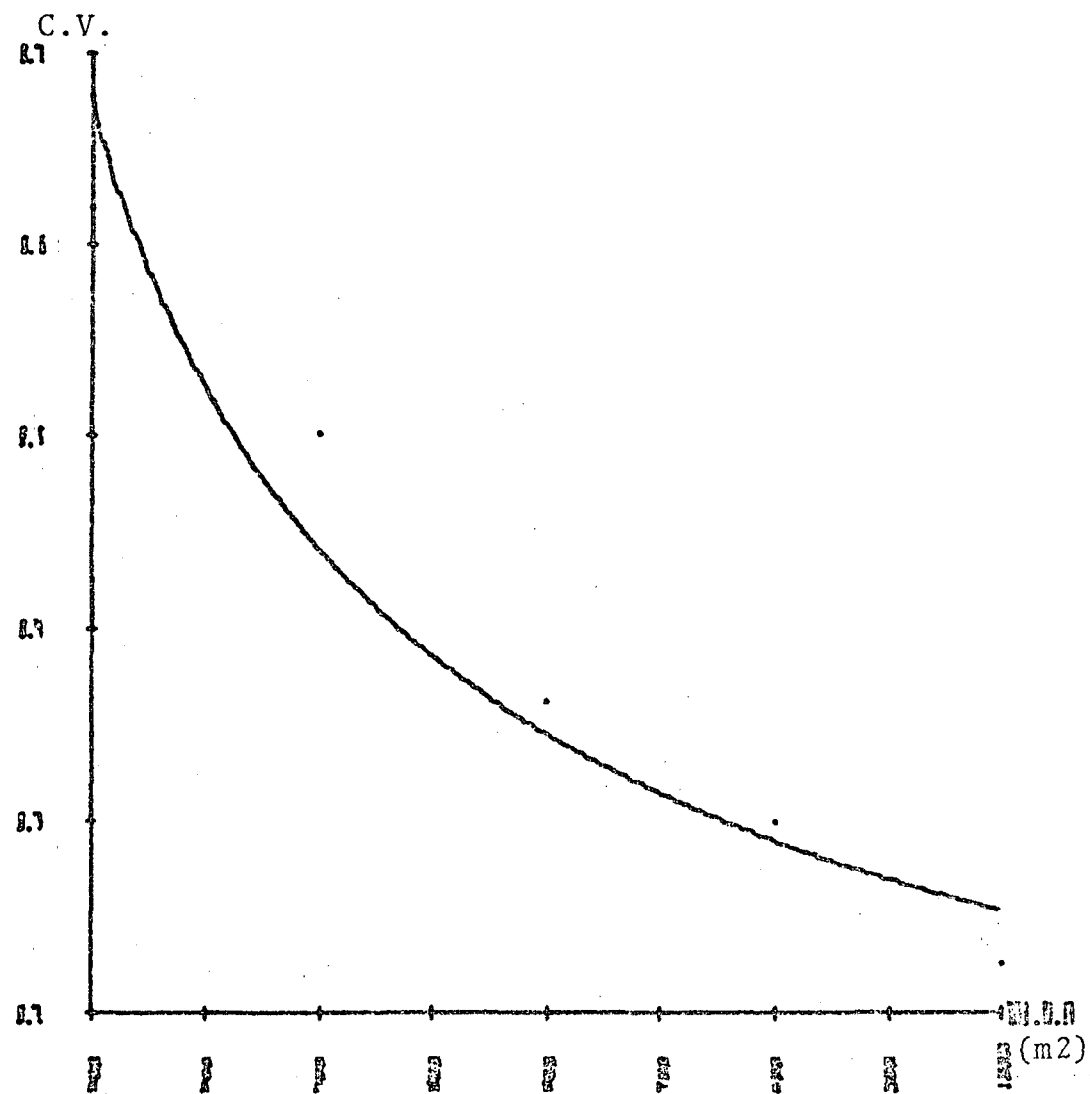


FIGURA Nº 16 - Comportamento do coeficiente de variação com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares.

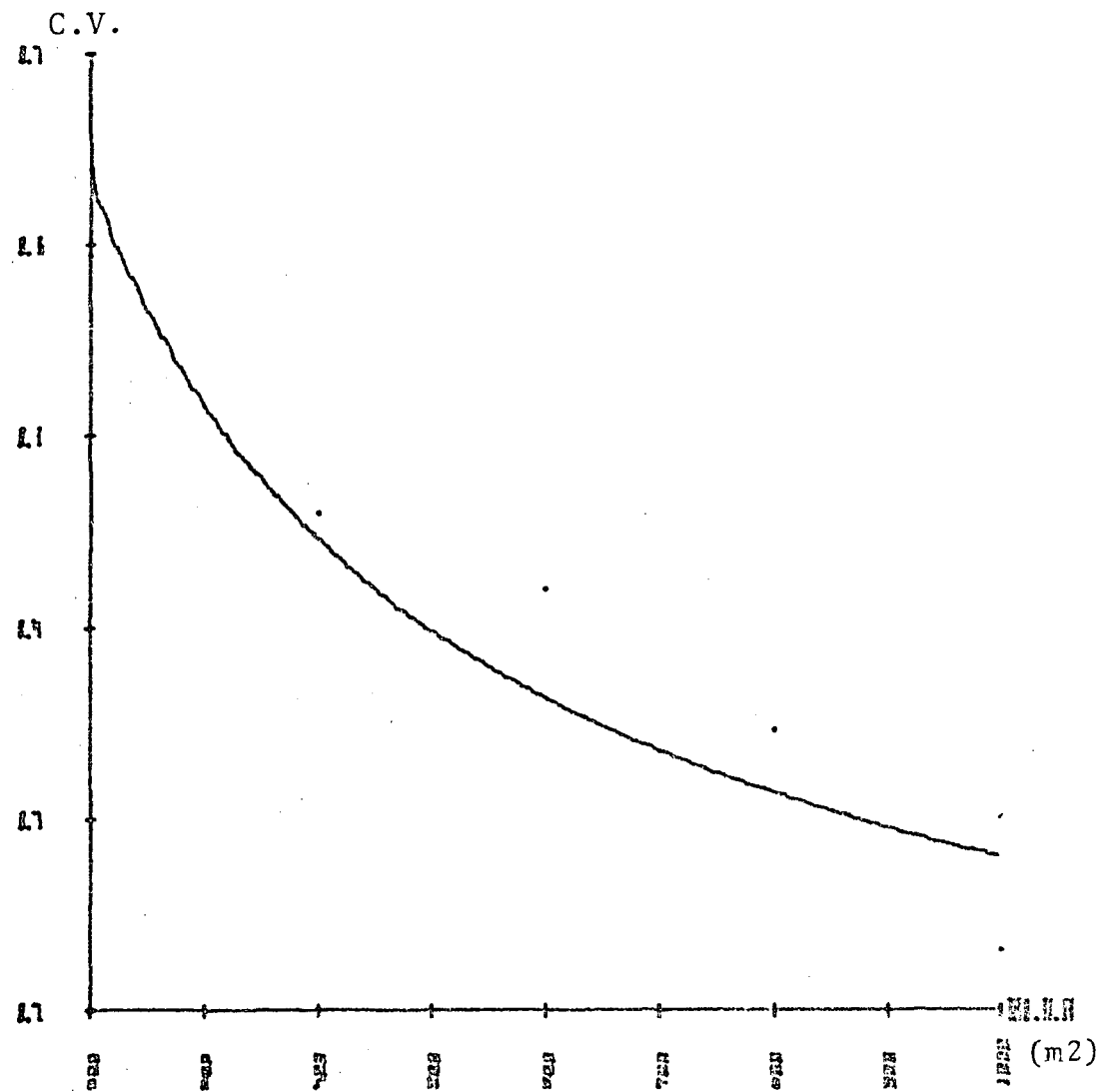


FIGURA Nº 17 - Comportamento do coeficiente de variação com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.

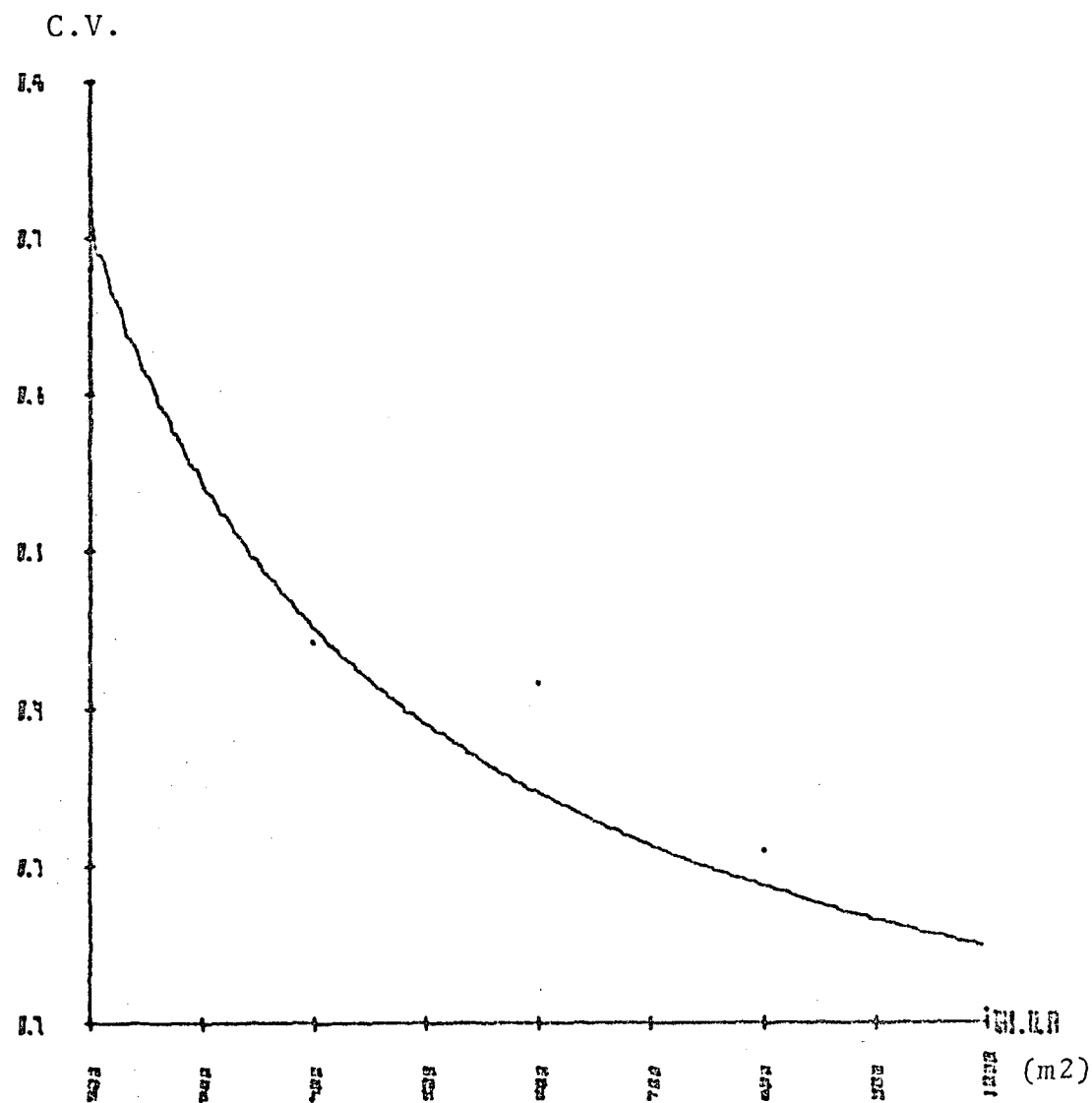


FIGURA Nº 18 - Comportamento do coeficiente de variação com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares.

Tempo total (seg.)

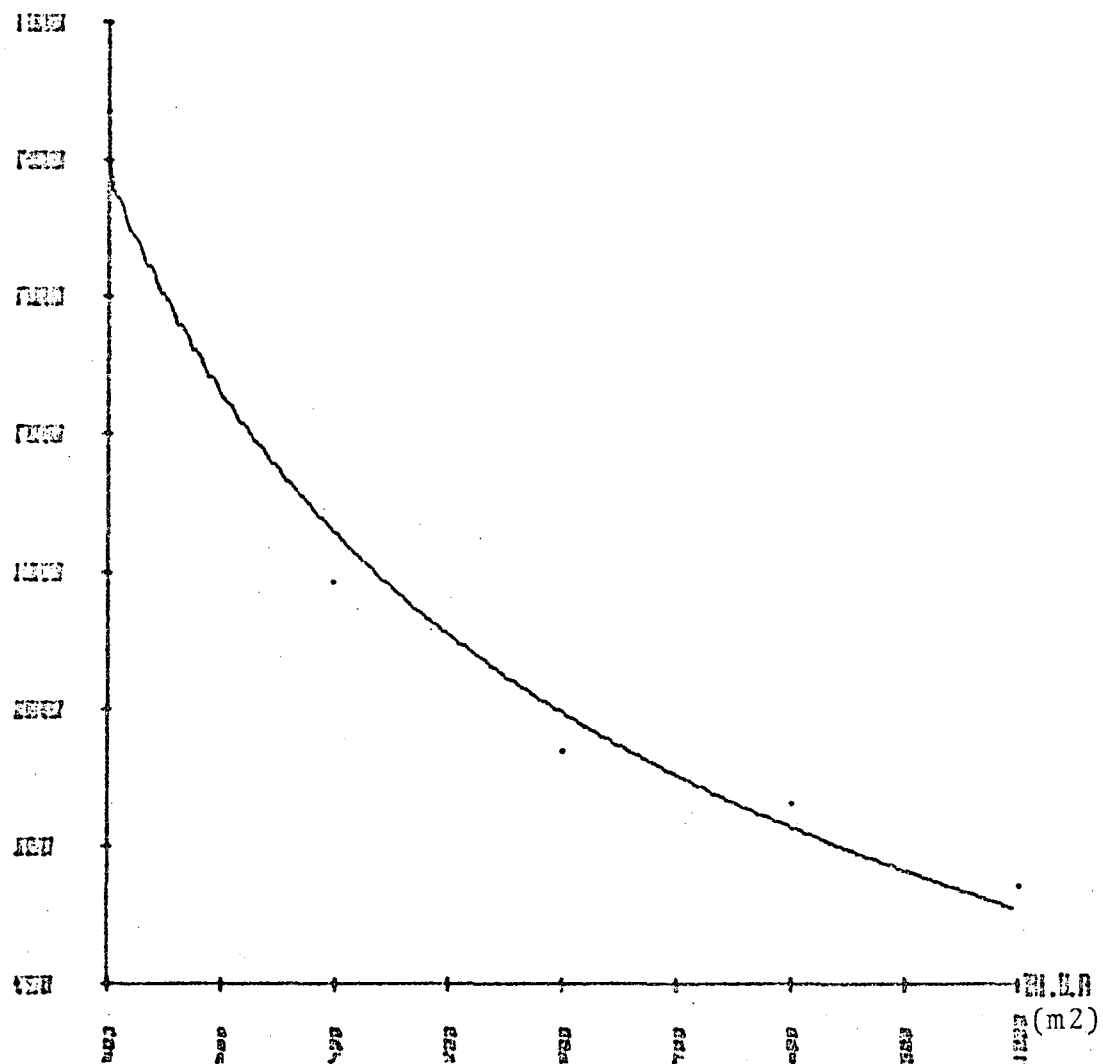


FIGURA Nº 19 - Comportamento do custo total por área (tempo) com o aumento do tamanho das unidades de amostras circulares.

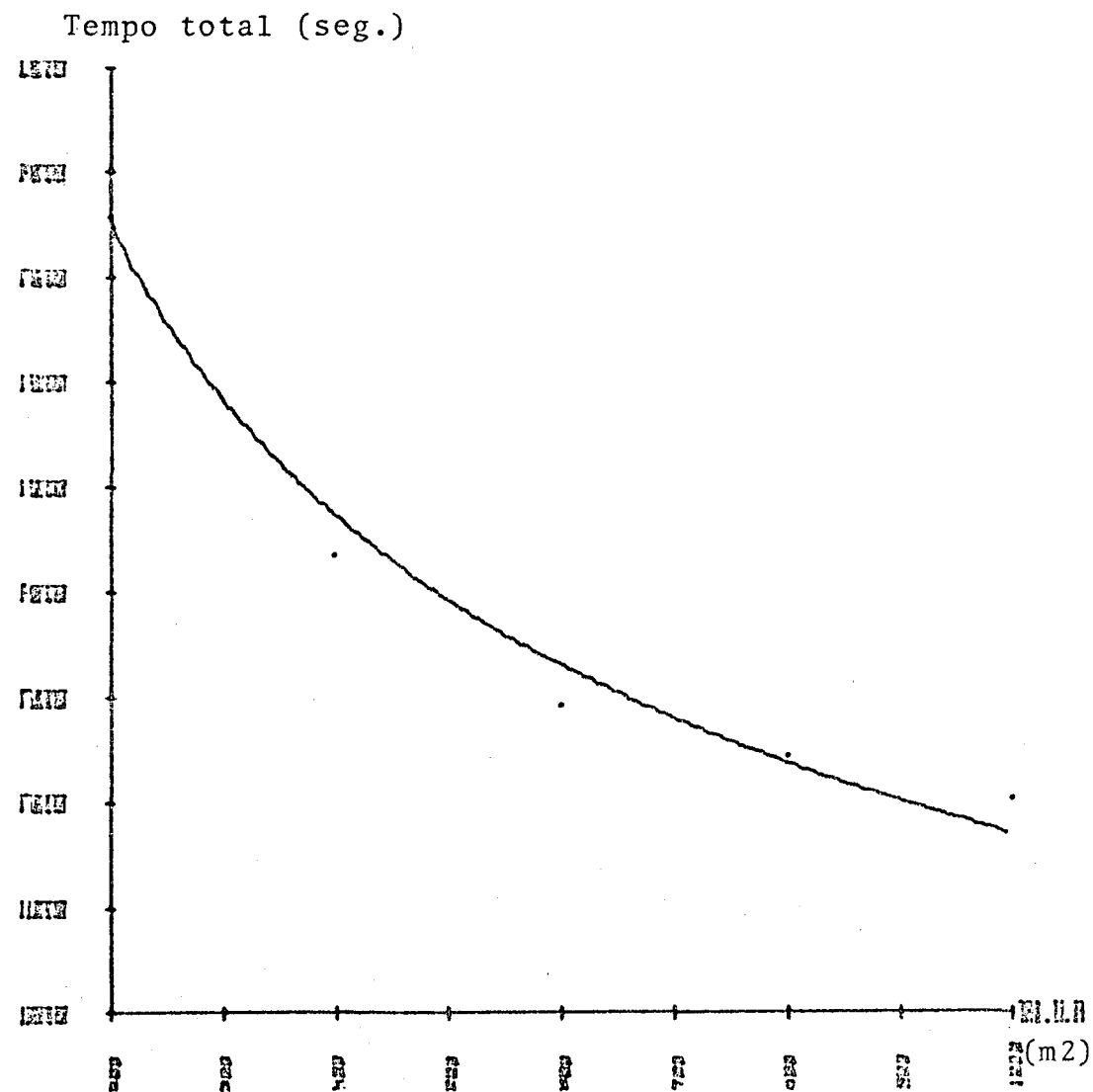


FIGURA Nº 20 - Comportamento do custo total por área (tempo) com o aumento do tamanho das unidades de amostras quadradas.

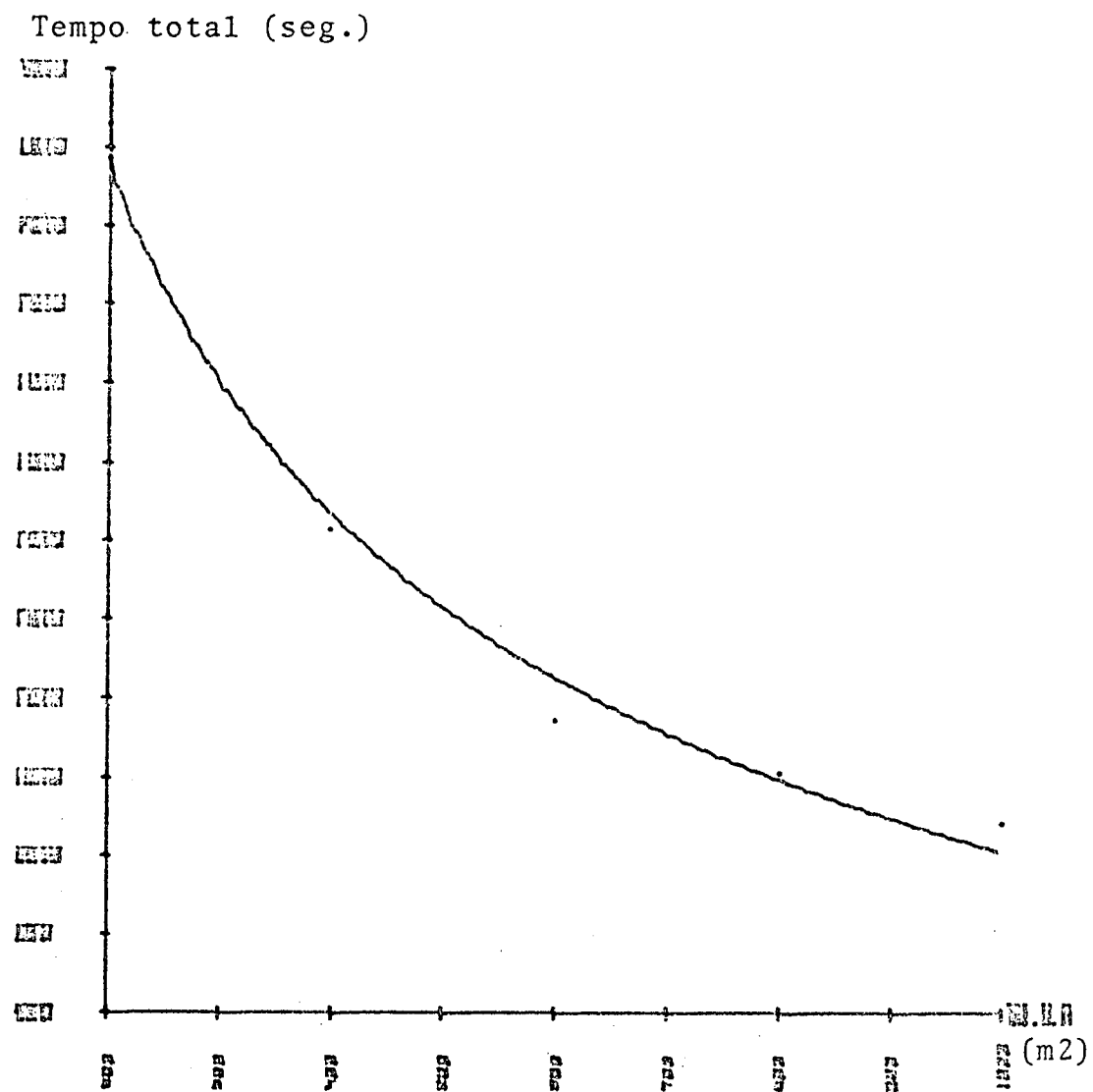


FIGURA Nº 21 - Comportamento do custo total por área (tempo) com o aumento do tamanho das unidades de amostras retangulares.





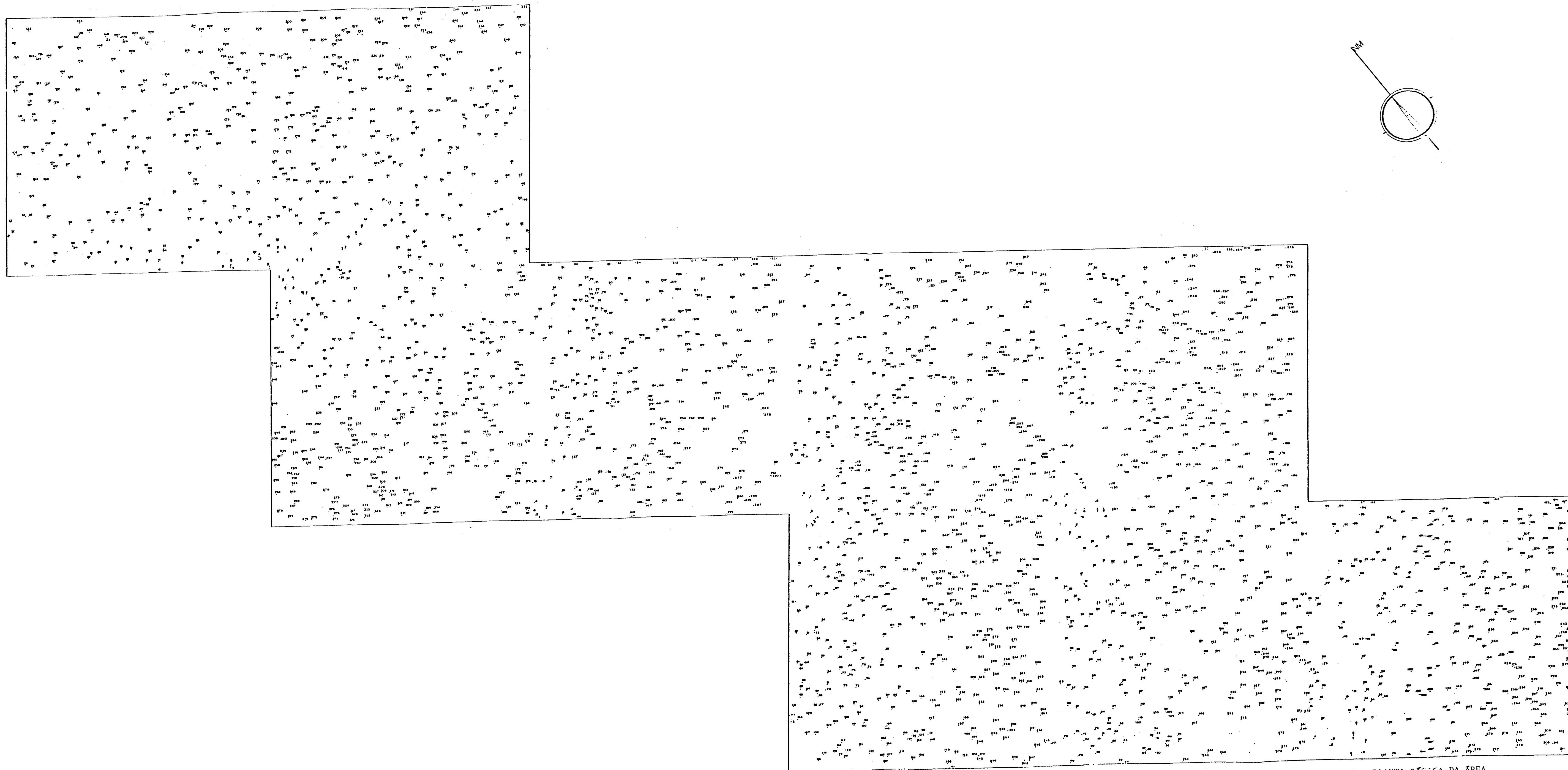


FIGURA Nº 02 - PLANTA BÁSICA DA ÁREA  
(Mapeamento das árvores)